

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

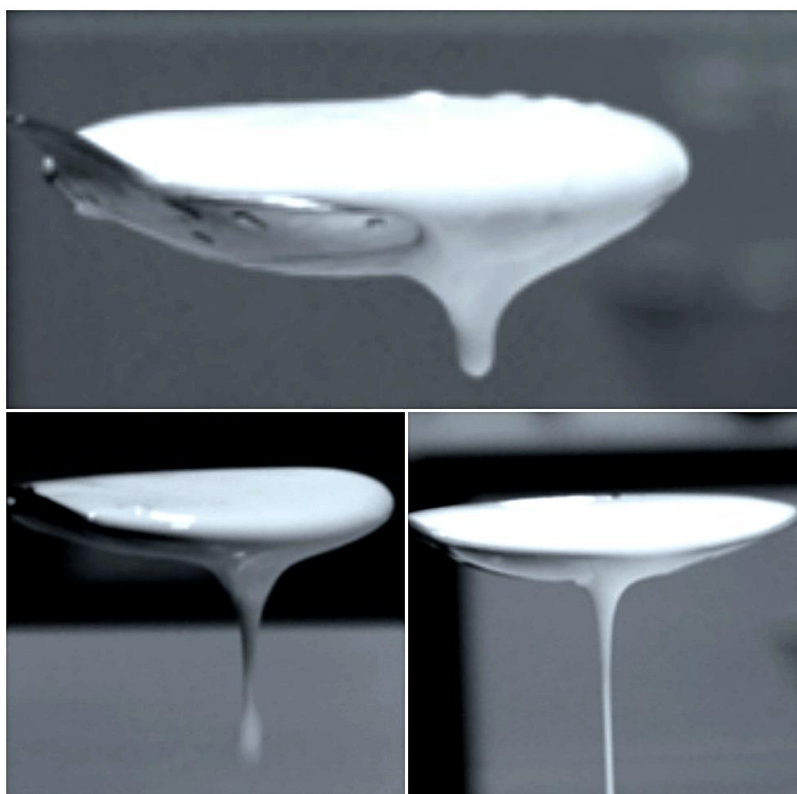
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ IV: ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΜΕΜΙΓΜΕΝΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΝΙΚΗΤΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΤΖΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

Οκτώβριος 2020, Αθήνα

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κυρία Τζιά Κωνσταντίνα για την καθοδήγηση και την υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους Καθηγητές και όλο το προσωπικό του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων του ΕΜΠ, για τη συνεργασία, το φιλικό κλίμα και τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσαν και ιδιαίτερα την κυρία Βιργινία Γιάννου για τη βοήθεια της κατά την εκτέλεση και επεξεργασία των πειραμάτων. Τέλος, θα ήθελα να δώσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Αναστασία και Κωνσταντίνο για την αμέτρητη υποστήριξη τους και στη συνέχεια στους φίλους και στους δικούς μου ανθρώπους για την υπομονή και τη συμπαράσταση που μου έδειξαν κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου.

Με εκτίμηση,

Νικητάκης Μάνος

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	10
Abstract	12
Εισαγωγή	14
Θεωρητικό Μέρος	15
Κεφάλαιο 1: Το γάλα.....	15
1.1 Ορισμός, πηγές	15
1.2 Σύσταση και ιδιότητες γάλακτος.....	18
1.3 Θρεπτική Αξία του γάλακτος	31
Βιβλιογραφία 1^{ου} Κεφαλαίου.....	34
Κεφάλαιο 2: Παραγωγή γιαουρτιού.....	35
2.1 Ζυμωμένα Γαλακτοκομικά Προϊόντα.....	35
2.2 Γιαούρτι - Ορισμός - Είδη.....	37
2.3 Παραγωγική διαδικασία.....	42
Βιβλιογραφία 2^{ου} Κεφαλαίου.....	54
Κεφάλαιο 3: Σύσταση και θρεπτική αξία γιαουρτιού	56
3.1 Σύσταση του γιαουρτιού.....	56
3.2 Θρεπτική αξία γιαουρτιού	58
Βιβλιογραφία 3^{ου} Κεφαλαίου.....	62
Κεφάλαιο 4: Γαλακτική Ζύμωση και Διαγράμματα ροής για την παραγωγή γιαουρτιού.....	64
4.1 Εισαγωγή στη γαλακτική ζύμωση	64
4.2 Γαλακτική Ζύμωση	65
4.3 Συνθήκες της ζύμωσης.....	70
4.4 Διαγράμματα ροής παραγωγής διαφόρων ειδών γιαουρτιού και απεικόνιση σε βιομηχανική κλίμακα	71
Βιβλιογραφία 4^{ου} Κεφαλαίου.....	76
Κεφάλαιο 5: Παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες του γιαουρτιού & Έλεγχοι κατά την επεξεργασία	78
5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την υφή	78

5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το ιξώδες	80
5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τον διαχωρισμό του ορού	80
5.4 Έλεγχοι κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και των τελικών προϊόντων.....	81
Βιβλιογραφία 5 ^{ου} Κεφαλαίου.....	83
Κεφάλαιο 6: Νομοθεσία για το γάλα και το γιαούρτι	84
6.1 Εισαγωγή	84
6.2 Νομοθεσία.....	85
Βιβλιογραφία 6 ^{ου} Κεφαλαίου.....	89
Κεφάλαιο 7: Καινοτόμες μέθοδοι για την παραγωγή γιαουρτιού	95
Βιβλιογραφία 7 ^{ου} Κεφαλαίου.....	103
Κεφάλαιο 8: Πειραματικό Μέρος.....	105
8.1 Σκοπός	105
8.2 Υλικά και συσκευές.....	105
8.2.1 Πρώτες Ύλες :.....	105
8.2.2 Όργανα και συσκευές :.....	106
8.3 Πειραματική Διαδικασία	108
8.3.1 Παραγωγή συνεκτικού (σετ) γιαουρτιού.....	108
8.3.2 Παραγωγή αναμεμιγμένου (stirred) γιαουρτιού.....	109
8.3.3 Παραγωγή στραγγιστού (strained) γιαουρτιού.....	109
8.4 Δειγματοληψία και Αναλύσεις	112
8.4.1 Προσδιορισμός pH	112
8.4.2 Προσδιορισμός Ιξώδους.....	113
8.4.3 Προσδιορισμός Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος του πήγματος (Water Holding Capacity, WHC).....	113
8.4.4 Ανάλυση Υφής των δειγμάτων γιαουρτιού	113
8.4.5 Προσδιορισμός της ρεολογίας των δειγμάτων του γιαουρτιού	116
8.4.6 Οργανοληπτικός Έλεγχος	120
Κεφάλαιο 9 – Αποτελέσματα και Συζήτηση	121
9.1 Επίδραση του ποσοστού (%) των λιπαρών γάλακτος και της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος	121
9.1.1 Χρόνος ζύμωσης.....	121
9.1.2 Εφαρμογή μοντέλων για το pH και το ιξώδες	122

9.1.3 Ρυθμός μεταβολής pH (μpH) και λανθάνουσα φάση pH (λpH)	125
9.1.4 Ρυθμός μεταβολής και διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους.....	127
9.1.5 Ιξώδες γιαουρτιών στους 45°C	128
9.1.6 Ιξώδες γιαουρτιών στους 4°C	129
9.1.7 Ανάλυση αντικειμενικής υφής γιαουρτιών	130
9.1.8 Ρεολογικά χαρακτηριστικά για τα δείγματα αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη	131
9.2 Επίδραση στερεών ενίσχυσης	136
9.2.1 Χρόνος ζύμωσης.....	136
9.2.2 Εφαρμογή μοντέλων για το pH και το ιξώδες	137
9.2.3 Ρυθμός μεταβολής pH (μpH) και λανθάνουσα φάση pH (λpH)	141
9.2.4 Ρυθμός μεταβολής και διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους	142
9.2.5 Ιξώδες γιαουρτιών στους 45°C	144
9.2.6 Ιξώδες γιαουρτιών στους 4°C	144
9.2.7 Ανάλυση αντικειμενικής υφής γιαουρτιών	145
9.2.8 Ρεολογικά χαρακτηριστικά για τα δείγματα αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού με προσθήκη στερεών ενίσχυσης	147
9.3 Επίδραση σταθεροποιητών	152
9.3.1 Χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών ..	152
9.3.2 Εφαρμογή μοντέλων για το pH και το ιξώδες για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών.....	153
9.3.3 Ρυθμός μεταβολής pH (μpH) και λανθάνουσα φάση pH (λpH) για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών	161
9.3.4 Ρυθμός μεταβολής και διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών	163
9.3.5 Ιξώδες γιαουρτιών στους 45°C	166
9.3.6 Ιξώδες γιαουρτιών στους 4°C	167
9.3.7 Ανάλυση αντικειμενικής υφής γιαουρτιών	168
9.3.8 Ρεολογικά χαρακτηριστικά για τα δείγματα αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού με προσθήκες σταθεροποιητών	172
Κεφάλαιο 10 : Συμπεράσματα και Προτάσεις	178
Παράρτημα 1 : Στατιστική ανάλυση διακύμανσης ANOVA για τα δείγματα συνεκτικού (set) τύπου γιαουρτιού.....	182
Παράρτημα 2: Στατιστική ανάλυση διακύμανσης ANOVA για τα δείγματα αναμεμιγμένου (stirred) τύπου γιαουρτιού	198
Παράρτημα 3 : Πίνακες με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων αναμεμιγμένου γιαουρτιού	203

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική αποσκοπεί στην παρασκευή συνεκτικού και αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού, στη μελέτη της επίδρασης του είδους του γάλακτος (πλήρες/ημιαποβουτυρωμένο/αποβουτυρωμένο), της θερμικής κατεργασίας του γάλακτος (83°C για 20min/92,3°C για 5-10min), καθώς και της χρήσης σταθεροποιητών και στερεών ενίσχυσης (ξανθάνη 0,02%/κ-καραγεννάνη 0,02%/σκόνη ορού γάλακτος 1,5% κ.β. του γάλακτος).

Αναλυτικότερα, εξετάστηκε η εξέλιξη της ζύμωσης, η οποία παρατηρείται μέσω της μεταβολής του pH και του ιξώδους του πηγματος με το χρόνο και ειδικότερα μέσω της λανθάνουσας φάσης (λ_{\min}) και του ρυθμού μείωσης του pH (μ_{pH}) ή του ρυθμού αύξησης του ιξώδους (μ_{CP}) από το μοντέλο Gompertz και μέσω του συνολικού χρόνου ζύμωσης που θεωρείται ο χρόνος μέχρι το pH να αποκτήσει τελική τιμή ίση με 4,6. Κατά την ολοκλήρωση της κάθε πειραματικής διαδικασίας, μελετήθηκαν: το ιξώδες στο τέλος της ζύμωσης του γιαουρτιού (45°C) και μετά την ψύξη του στους 4°C, τα ρεολογικά χαρακτηριστικά καθώς και οι αντικειμενικές παράμετροι της υφής (σκληρότητα, προσκολλησιμότητα και συνεκτικότητα) για κάθε δείγμα γιαουρτιού.

Σε κάθε σειρά πειραμάτων, ελήφθησαν τιμές για το ιξώδες και την τιμή του pH – η οποία αποθηκεύταν αυτόματα μέσω κατάλληλης ρύθμισης των pHμέτρων κάθε 5 min για το μοντέλο Gompertz- μέχρι και την ένδειξη της τιμής pH = 4.6, ανάλογα με το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν 3 σειρές πειραμάτων. Η κάθε μία μελετήθηκε για κάθε ποσοστό λιπαρών (3.6%, 1.5% και 0%), σε ήπια (83°C για 20min) και σε έντονη θερμική κατεργασία (92,3°C για 5-10min). Η πρώτη σειρά που πραγματοποιήθηκε ήταν με τυφλά δείγματα γιαουρτιού, χωρίς καμία προσθήκη, η δεύτερη με τη προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος 1.5%, η τρίτη με την προσθήκη Ξανθάνης 0.02% και με την προσθήκη κ- Καραγεννάνης 0.02%.

Όσον αφορά το χρόνο ζύμωσης, μικρότερο χρόνο χρειάστηκαν τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα και ακολούθησαν αυτά με ημιαποβουτυρωμένο κι έπειτα αυτά με αποβουτυρωμένο.

Ακόμα, ο ρυθμός μεταβολής του pH (min^{-1}) φαίνεται από τα διαγράμματα ότι είναι μεγαλύτερος κατά απόλυτη τιμή για τα δείγματα που παρασκευάστηκαν από πλήρες γάλα, σε σχέση με αυτά από ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο, με τη μεγαλύτερη τιμή να είναι αυτή των δειγμάτων του πλήρους γάλακτος με σκόνη ορού (-0,017) κατά την ήπια θερμική επεξεργασία και αυτή των δειγμάτων του πλήρους γάλακτος με ξανθάνη (-0,015) κατά την έντονη θερμική επεξεργασία. Η λανθάνουσα φάση (min) παρουσίασε τη μεγαλύτερη τιμή για δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με προθήκη ξανθάνης (240 min) κατά την ήπια, ενώ κατά την έντονη θερμική κατεργασία για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού (250 min).

Ο ρυθμός μεταβολής του ιξώδους είχε μεγαλύτερη τιμή για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με προσθήκη ξανθάνης (80) για την ήπια, ενώ για την έντονη τα δείγματα από πλήρες γάλα χωρίς προσθήκες (110). Επίσης, η λανθάνουσα φάση του ιξώδους ήταν μεγαλύτερη για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με ξανθάνη (130 min) και για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού (170 min) για την ήπια και για την έντονη θερμική κατεργασία αντίστοιχα.

Τέλος, όσον αφορά την αντικειμενική υφή, τη μεγαλύτερη τιμή της σκληρότητας (N) την εμφάνισαν τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με προσθήκη ξανθάνης και για την ήπια (0,85 N), αλλά και για την έντονη θερμική επεξεργασία (0,9 N). Τη μεγαλύτερη συνεκτικότητα κατά την ήπια θερμική επεξεργασία την παρουσίασαν τα δείγματα από πλήρες γάλα με προσθήκη καραγεννάνης (0,68), ενώ κατά την έντονη, την παρουσίασαν τα δείγματα από πλήρες γάλα με σκόνη ορού (0,65). Αντίστοιχα, τη μεγαλύτερη προσκολλησιμότητα (N's) την παρουσίασαν τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με σκόνη ορού (55 N's) για την ήπια, ενώ για την έντονη θερμική επεξεργασία τα δείγματα αυτά από πλήρες γάλα με προσθήκη ξανθάνης (56 N's).

Στις περισσότερες λοιπόν περιπτώσεις, τα δείγματα γιαουρτιού που παρασκευάστηκαν από πλήρες γάλα παρουσίασαν τα πιο αποδεκτά αποτελέσματα και κατά συνέπεια τελικά προϊόντα, σε σχέση με τα αντίστοιχα δείγματα από ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα.

Abstract

This senior thesis aims at the production of set and stirred type of yogurt, in the study of the milk's type effects (whole/semi-skimmed/skimmed milk), the heat treatment of milk (83°C for 20min/92.3°C for 5-10min) and the use of 0.02% xanthan gum, 0.02% k- Carrageenan and 1.5% milk's whey powder.

In more detail, the development of fermentation was examined, which is observed through the change of pH and viscosity's value over time and in particular through the latent phase (λ_{min}) and the rate of pH's decrease (μ_{pH}) or the rate of viscosity's increase (μ_{CP}) by the Gompertz model and also through the total fermentation time, which is considered as the time until the pH reaches a final value of 4.6. At the end of each experimental process, the following were studied: the viscosity before (45°C) and after cooling to 4°C, the rheological characteristics, as well as the objective texture parameters (hardness, adhesion and consistency) for each yogurt sample.

In each series of experiment, values for viscosity and pH - which was automatically stored every 5 min by adjusting the pH-meters, for the Gompertz model- were obtained, up to the indication of pH value is equal to 4.6, depending on the type of milk that is used.

Subsequently, 3 series of experiments were designed. Each one was studied for each percentage of fat (3.6%, 1.5%, 0%) in mild (83°C for 20min) and in intense heat treatment (92.3°C for 5-10min). The first series was performed with "blind" samples of yogurt, without any addition, the second one with 1.5% of whey powder addition, the last one with 0.02% of Xanthan gum and with 0.02% of k- Carrageenan.

Concerning the fermentation time, the samples of yogurt with whole fat milk (3.6%) took less time, followed by those with semi-skimmed and then those with skimmed milk, either with or without any addition.

Furthermore, the rate of pH's decrease (min^{-1}) for the samples of yogurt with whole fat milk showed to be lower than those with semi-skimmed and skimmed milk, where the lowest value was that for samples with whole milk and whey powder (-0.017) in the case of mild and that samples of whole milk with Xanthan (-0.015) during intense heat treatment. The latent phase of pH (min) showed a higher value in the samples of whole milk yogurt with Xathan, having a value of 240 min at the mild and during the intense treatment, having a value of 250 min for the skimmed milk yogurts with whey powder.

The rate of viscosity's increase was higher for the samples of yogurt with whole fat milk and with addition of xanthan (80) for the mild, while for the intense heat treatment was higher for the samples of whole fat milk yogurt without any addition (110). Also, the latent phase of viscosity was higher for the whole fat milk yogurt's

samples with xanthan addition (130 min) for the mild and for the intense treatment it was higher for the skimmed milk samples with whey powder addition (170 min).

Finally, in terms of objective texture analysis, the higher value of hardness (N) was shown by the yogurt's samples with whole fat milk and Xanthan addition (0.85 N) for mild, as well as for the intense heat treatment it was shown again by the same samples (0.9 N). The highest consistency during the mild treatment was presented by the whole milk samples with k- Carrageenan addition (0.68), while for the intense one it was presented by the whole milk samples with whey powder (0.65). Respectively, the highest value of adhesion (N's) for the mild heat treatment was presented by whole fat milk samples of yogurt with whey powder addition (55 N's), while for the intense was by whole fat milk samples with Xanthan addition (56 N's).

As we can see, in the most cases, the yogurt samples that are made of whole fat milk (3.6%) showed the most acceptable results and therefore those were the most acceptable end products, in relation to the respective semi-skimmed (1.5%) and skimmed milk (0%).

Εισαγωγή

Γαλακτοκομικά προϊόντα ονομάζονται τα προϊόντα, τα οποία παράγονται από γάλα και οι βιομηχανίες που παράγουν αυτά τα προϊόντα, ονομάζονται γαλακτοβιομηχανίες. Τα πιο διαδεδομένα είναι το γιαούρτι, το βούτυρο, το τυρί και το παγωτό, καθώς τα προϊόντα αυτά χαρακτηρίζονται για την υψηλή θρεπτική τους αξία, αφού αποτελούν πλούσια πηγή πρωτεϊνών, βιταμινών, ασβεστίου αλλά και βιολειτουργικών συστατικών. Ακόμη, η κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων έχει αυξηθεί σημαντικά σε όλο τον κόσμο από τις αρχές της δεκαετίας του 1950.

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του γιαουρτιού είναι το πλήρες, το ημιαποβουτυρωμένο ή το αποβουτυρωμένο γάλα από οποιοδήποτε γαλακτοφόρο ζώο και μία καλλιέργεια που αποτελείται από βακτήρια *Lactobacillus bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*. Με τη δράση των βακτηρίων αυτών προκαλείται η ζύμωση του γάλακτος και η όξινη πήξη αυτού, μέσω της παραγωγής γαλακτικού οξέος. Η μείωση του pH που λαμβάνει χώρα κατά την ζύμωση του γάλακτος, έχει ως συνέπεια την καθυστέρηση της ανάπτυξης ανεπιθύμητων μικροοργανισμών.

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η ανάγκη των καταναλωτών αλλά και των παραγωγών για τρόφιμα, τα οποία να είναι ελάχιστα επεξεργασμένα και να παρουσιάζουν βελτιωμένα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Οι διαθέσιμες διαδικασίες που υπάρχουν για τη βελτίωση της υφής και κατά συνέπεια τη δημιουργία προϊόντων με σταθερή δομή κατά την αποθήκευση, περιλαμβάνουν την αύξηση του πρωτεϊνικού περιεχομένου του γάλακτος, η οποία αποτελεί μία ιδιαίτερα ακριβή μέθοδο, ή/και τη χρήση σταθεροποιητικών μέσων, τα οποία ενδέχεται να επιφέρουν ανεπιθύμητο άρωμα ή/και γεύση στο τελικό προϊόν.

Για τον λόγο αυτό, έχει δημιουργηθεί η ανάγκη για εναλλακτικές τεχνολογίες που στοχεύουν στη βελτίωση της υφής, αλλά και άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών, και στην παραγωγή προϊόντων που θα είναι αποδεκτά από το καταναλωτικό κοινό, ενώ ταυτόχρονα θα παρουσιάζουν και χαμηλό κόστος παραγωγής.

Τέλος, όπως αναφέρεται και στη συνέχεια, η αγορά περιλαμβάνει μία μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ειδών γιαουρτιού όπως είναι το συνεκτικό (set), το αναμεμιγμένο (stirred), το στραγγιστό (strained), το επιδόρπιο με φρούτα, το παγωμένο (frozen) και το πόσιμο (drinking) γιαούρτι.

Θεωρητικό Μέρος

Κεφάλαιο 1: Το γάλα

1.1 Ορισμός, πηγές

Ο ελληνικός Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, ορίζει ότι:

“«Γάλα» είναι το απαλλαγμένο από πρωτόγαλα προϊόν του ολοσχερούς, χωρίς διακοπή αρμέγματος υγιούς γαλακτοφόρου ζώου, που ζει και τρέφεται υπό υγιεινούς όρους και που δεν βρίσκεται σε κατάσταση υπερκόπωσης.

Με τον όρο «γάλα», χωρίς να συνοδεύεται αυτό από κάποιο επίθετο, νοείται αποκλειστικά και μόνο το γάλα το οποίο:

- α. Προέρχεται από αγελάδα
- β. Είναι νωπό
- γ. Είναι πλήρες
- δ. Δεν έχει υποστεί αφυδάτωση ή συμπύκνωση
- ε. Δεν περιέχει άλλες ύλες που έχουν προστεθεί από έξω.”

Επίσης, ως «νωπό γάλα», θεωρείται το γάλα το οποίο παράγεται από την έκκριση του μαστού εκτρεφόμενων ζώων και το οποίο δεν έχει θερμανθεί σε θερμοκρασία άνω των 40°C ούτε έχει υποστεί οποιαδήποτε άλλη επεξεργασία που έχει την ανάλογη επίδραση.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το γάλα αποτελεί την πρώτη ύλη όλων των γαλακτοκομικών προϊόντων και συνεπώς χρησιμοποιείται και για την παραγωγή του γιαουρτιού, όπως και θα αναλυθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Ακόμα, το γάλα κατηγοριοποιείται ανάλογα με τη σύσταση (%) των λιπαρών που περιέχει στα εξής :

- Πλήρες, 3.6 %
- Ημιαποβουτυρωμένο, 1.5 - 1.7 %
- Αποβουτυρωμένο, < 0.5%

Είδη θηλαστικού ζώου

Ανάλογα με το είδος του θηλαστικού από το οποίο προέρχεται, το γάλα διαχωρίζεται σε :

- Αγελαδινό

- Πρόβειο
- Κατσικίσιο
- Βουβαλίσιο
- Από γάιδαρο
- Από καμήλα
- Ανθρώπινο
- Από θαλάσσιο θηλαστικό
- Σε γάλα που προέρχεται από άλλα είδη θηλαστικών (άλογο, γουρούνι, τάρανδο κτλ.).

Γενικά, το αγελαδινό γάλα είναι αυτό που έχει τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα. Η συμμετοχή του στην παγκόσμια παραγωγή ανέρχεται στο 90%. Μετά το αγελαδινό, ακολουθούν το βουβαλίσιο (5%), το γίδινο (3%) και το πρόβειο (2%). Στη χώρα μας όμως, το πρόβειο και το γίδινο γάλα έχουν πολύ μεγαλύτερη συμμετοχή στη συνολική παραγωγή του γάλακτος σε σύγκριση με άλλες χώρες. Αξιοσημείωτο είναι πως η χώρα μας παράγει περίπου το 30% του συνολικά παραγόμενου πρόβειου και γίδινου γάλακτος στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε).

Τα βασικά συστατικά του γάλακτος από τα διάφορα είδη φυτοφάγων ζώων, το γάλα των οποίων χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση είναι τα ίδια, όμως υπάρχουν ποσοτικές διαφορές μεταξύ τους. Στα βασικά συστατικά του γάλακτος που χαρακτηρίζονται κι ως κύρια, περιλαμβάνονται η λακτόζη, το λίπος, οι πρωτεΐνες και τα άλατα. Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες αυτών, θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα. Εκτός λοιπόν από τα κύρια χαρακτηριστικά, υπάρχουν κι άλλα τα οποία χαρακτηρίζονται ως «δευτερεύοντα», χωρίς ο όρος αυτός να σχετίζεται και με τη σημασία που έχουν στη διατροφή του ανθρώπου, αφού σε αυτά περιλαμβάνονται οι βιταμίνες, τα σάκχαρα (εκτός της λακτόζης) που ονομάζονται αμινοσάκχαρα, τα ιχνοστοιχεία, οι ορμόνες, τα ένζυμα και αντιμικροβιακές ουσίες.

Ανάλογα με την πηγή προέλευσής του λοιπόν, έχουν καθοριστεί τα απαιτούμενα όρια των φυσικών και χημικών σταθερών του γάλακτος κατανάλωσης από διάφορα είδη ζώων για να θεωρηθεί το γάλα φυσιολογικό, όπως αυτά περιγράφονται στον Πίνακα 1, με βάση τον ελληνικό κώδικα τροφίμων και ποτών (άρθρο 80).

Πίνακας 1:

Είδος	Ειδικό βάρος στους 15°C (ελάχιστο)	Λίπος % (ελάχιστο)	ΣΥΑΛ %* (ελάχιστο)
Αγελάδας	1,028	3,5	8,5
Κατσίκας	1,032	4	9
Προβάτου	1,035	6	10,2
Βουβάλου	1,033	6	9,7
Ανάμεικτο Κατσίκας - Προβάτου	1,033	5	9,6

*ΣΥΑΛ: Στερεό Υπόλειμμα Άνευ Λίπους

Πρέπει ωστόσο να είναι γνωστό ότι διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν τα συστατικά και τα χαρακτηριστικά του γάλακτος, για αυτό είναι λογικό να παρατηρούνται διακυμάνσεις σε αυτά.

Για τον λόγο αυτό, είναι χρήσιμο να αναφερθούν ότι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν ποσοτικά ή ποιοτικά τα συστατικά του γάλακτος:

- Το είδος και η φυλή του ζώου
- Το κληρονομικό δυναμικό του ζώου
- Ο αριθμός των αμέλξεων ανά ημέρα
- Η περίοδος της ημέρας (πρωί ή απόγευμα)
- Η σωματική κατάσταση του ζώου (κυρίως κατά το χρόνο του τοκετού)
- Η διάρκεια της ξηρής περιόδου
- Η συχνότητα των τοκετών
- Η ηλικία του ζώου
- Η υγιεινή κατάσταση του ζώου
- Η κόπωση των ζώων και η συμπεριφορά του ανθρώπου σε αυτά
- Οι συνθήκες διατροφής
- Το στάδιο της γαλακτικής περιόδου
- Η θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Ο τρόπος άμελξης.

Το ανθρώπινο γάλα, όπως θα φαίνεται και στον Πίνακα 2, έχει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λακτόζη, ενώ το γίδινο τη μικρότερη. Στο αγελαδινό και στο πρόβειο, η περιεκτικότητα σε λακτόζη κυμαίνεται σε παραπλήσια επίπεδα.

Πίνακας 2:

Μέση σύνθεση γίδινο, πρόβειο, αγελαδινό και ανθρώπινο γάλακτος

Σύνθεση	Γίδινο	Πρόβειο	Αγελαδινό	Ανθρώπινο
Λίπος (%)	3,8	7,9	3,6	4
Στερεά χωρίς λίπος (%)	8,9	12	9	8,9
Ολικές πρωτεΐνες (%)	3,4	6,2	3,2	1,2
Καζεΐνη (%)	2,4	4,2	2,6	0,4
Υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες (%)	0,6	1	0,6	0,7
Λακτόζη (%)	4,1	4,9	4,7	6,9
Τέφρα (%)	0,8	0,9	0,7	0,3
Μη πρωτεϊνικό άζωτο (%)	0,4	0,8	0,2	0,5
Θερμίδες / 100 mL	70	105	69	68

1.2 Σύσταση και ιδιότητες γάλακτος

Η σύσταση του γάλακτος, ανάλογα με την πηγή προέλευσής του, ποικίλει σε μεγάλο βαθμό. Τα κύρια συστατικά του σε όλες τις περιπτώσεις είναι το υπάρχον νερό, ενώ θα υπάρχουν επίσης και πρωτεΐνες, λιπαρά, η λακτόζη, τα άλατα και ανόργανα συστατικά, όπως και θα αναλυθεί περισσότερο στη συνέχεια.

Αρχικά, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα, η μέση σύσταση που παρουσιάζει το γάλα.

Πίνακας 3: Μέση σύσταση γάλακτος

Συστατικά	Μέση περιεκτικότητα (% w/w)	Εύρος ^α (% w/w)	Μέση περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία (% w/w)
Νερό	87,1	85,3 - 88,7	-
Σ.Υ.Α.Λ.	8,9	7,9 - 10	-
Λιπαρά επί ξηρού	31	22 - 38	-
Λακτόζη	4,6	3,8 - 5,3	36
Λιπαρά	4	2,5 - 5,5	31
Πρωτεΐνες ^β	3,3	2,3 - 4,4	25
Καζεΐνη	2,6	1,7 - 3,5	20
Μεταλλικά συστατικά	0,7	0,57 - 0,83	5,4
Οργανικά οξέα	0,17	0,12 - 0,21	1,3
Λοιπά συστατικά	0,15	-	1,2

Σημείωση : Τυπικές τιμές για τα γάλατα από πεδινές φυλές

^α Οι τιμές του εύρους, θα πρέπει σπάνια να ξεπεραστούν από τα όρια που αναγράφονται

^β Οι ενώσεις του μη πρωτεϊνικού αζώτου, δεν περιλαμβάνονται

Νερό

Το γάλα αποτελείται περίπου από 87% νερό (3.3% πρωτεΐνες, 4% λιπαρά, 4.9% υδατάνθρακες), με αποτέλεσμα να καθίσταται μία πλούσια πηγή νερού για τη διατροφή του ανθρώπου. Μπορεί να μην παρέχει τα ίδια θρεπτικά οφέλη όπως οι πρωτεΐνες ή οι βιταμίνες, αλλά είναι εξαιρετικά σημαντικό για τον ανθρώπινο μεταβολισμό. Το νερό είναι αυτό που βοηθά την κυκλοφορία του αίματος και μεταφέρει τα περισσότερα θρεπτικά συστατικά, όπως τη γλυκόζη και το οξυγόνο

στους ιστούς και τα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού, καθώς επίσης διατηρεί στα φυσιολογικά επίπεδα τη θερμοκρασία του σώματος.

Η διαθεσιμότητα του νερού αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την αύξηση των μικροοργανισμών. Η διαθεσιμότητα αυτή εκφράζεται με τον όρο «ενεργότητα του νερού», a_w . Ισχύει ότι $a_w = P / P_w$, είναι δηλαδή το πηλίκο της τάσης των ατμών του νερού στο τρόφιμο (P) ως προς την τάση των ατμών του καθαρού νερού (P) στην ίδια θερμοκρασία.

Οι τιμές της a_w κυμαίνονται από 1 για το καθαρό (απεσταγμένο) νερό, μέχρι και το 0 για το ξηρό υπόστρωμα. Η a_w πλησιάζει περισσότερο προς τη μονάδα όσο λιγότερα είναι τα διαλυμένα συστατικά. Όσον αφορά το γάλα, η ενεργότητα του νερού είναι περίπου 0,995 και του συμπυκνωμένου (εβαπορέ) 0.986. Τέλος, η a_w της αποβουτυρομένης σκόνης γάλακτος κυμαίνεται από 0.02 – 0.2 και του τυριού από 0.94 – 0.98. Από τις τιμές αυτές, παρατηρείται πως όσο μικρότερη είναι η διαθεσιμότητα του νερού για κάθε προϊόν, τόσο μικρότερη είναι και η τιμή της ενεργότητας του, τείνοντας προς το μηδέν.

Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες αποτελούν τα πιο διαδεδομένα και πολυδιάστατα -τόσο στη μορφή όσο και στη λειτουργία τους- μακρομόρια, μόρια δηλαδή υψηλού μοριακού βάρους. Ακόμη και σε ένα απλό κύτταρο των βακτηρίων εντοπίζονται εκατοντάδες διαφορετικές πρωτεΐνες με την καθεμία εξ' αυτών να έχει ιδιαίτερο ρόλο. Με άλλα λόγια, είναι μεγάλα σύνθετα βιομόρια, με μοριακό βάρος από 10.000 μέχρι και πάνω από 1 εκατομμύριο, αποτελούμενα από αμινοξέα.

Αρχικά, είχε παρατηρηθεί ότι με την οξίνιση του γάλακτος σε $pH = 4.6$ στους $20^\circ C$ κατακρημνίζονταν το μεγαλύτερο μέρος των πρωτεϊνών, το οποίο ονομάστηκε καζεΐνη, ενώ το υπόλοιπο μέρος του γάλακτος (ορός), περιείχε τις πρωτεΐνες του ορού. Η καζεΐνη στο ισοηλεκτρικό της σημείο ($pH = 4.6$) κατακρημνίζεται ενώ οι πρωτεΐνες του ορού στο ισοηλεκτρικό τους σημείο, που είναι σε pH στην περιοχή του 5, παραμένουν εν διαλύσει. Αυτή είναι και η πρώτη βασική διαφορά καζεΐνης - πρωτεϊνών ορού. Στην ιδιότητα αυτή της καζεΐνης βασίζεται η παρασκευή των ζυμωμένων ειδών γάλακτος (γιαούρτι, κεφίρ).

Μία άλλη βασική διαφορά είναι ότι με πυτιά (τα ένζυμα από το στομάχι των ζώων, για το πήξιμο του γάλακτος στην παρασκευή τυριών) και άλλα πρωτεολυτικά ένζυμα η καζεΐνη έπηξε, ενώ οι πρωτεΐνες του ορού παρέμεναν ανέπαφες. Με τη χρησιμοποίηση νέων τεχνικών για τη μελέτη των πρωτεϊνών γρήγορα διαπιστώθηκε ότι τόσο η καζεΐνη όσο και οι πρωτεΐνες του ορού αποτελούνται από περισσότερα κλάσματα.

Οι καζεΐνες αποτελούν περίπου το 80% των πρωτεϊνών του γάλακτος. Αποτελούνται από τις α_{s1} - καζεΐνες, τις α_{s2} - καζεΐνες, τις β - καζεΐνες και τις κ - καζεΐνες.

Οι κυριότερες πρωτεΐνες που ανήκουν στην ομάδα των πρωτεϊνών του ορού είναι : η β - γαλακτογλοβουλίνη, η α - γαλακταλβουμίνη, οι ανοσογλοβουλίνες, η

οροαλβουμίνη και οι πρωτεόζες - πεπτόνες. Στις μεγαλύτερες ποσότητες βρίσκεται η β - γαλακτογλοβουλίνη.

Πίνακας 4:

Συγκέντρωση πρωτεϊνών στο γάλα (σε περιεκτικότητα g/L)

Πρωτεΐνη	Συγκέντρωση στο γάλα (g/L)
<u>Πρωτεΐνες Ορού</u>	
α-γαλακτοαλβουμίνη	1 - 1.5
β-γαλακτογλοβουλίνη	2 - 4
Οροαλβουμίνη	0.1 - 0.4
Ανοσογλοβουλίνη	0.6 - 1
Πρωτεόζη-Πεπτόνη	0.6 - 1.8
<u>Καζεΐνες</u>	
α ₁ - καζεΐνες	12 - 15
α ₂ - καζεΐνες	3 - 4
β - καζεΐνες	9 - 11
κ - καζεΐνες	3 - 4

- Καζεΐνες

Είναι γνωστό ότι η πρωτοταγής δομή των πρωτεϊνών αναφέρεται στον αριθμό και το είδος των αμινοξέων που μετέχουν στην κατασκευή του μορίου της πρωτεΐνης. Η σύνθεση σε αμινοξέα των καζεϊνών δε διαφέρει σημαντικά από τις πρωτεΐνες του ορού. Η σημαντικότερη διαφορά όμως είναι ότι οι καζεΐνες περιέχουν φωσφόρο στο μόριό τους. Όλες οι καζεΐνες (α₁, β, κ) περιέχουν φωσφόρο συνδεδεμένο με το αμινοξύ σερίνη, με διαφορετικές όμως περιεκτικότητες για την κάθε μία. Η παρουσία του φωσφόρου στο μόριό τους, συμβάλλει στη σταθερότητά τους κατά τη θερμική επεξεργασία.

Οι κ- καζεΐνες είναι οι μόνες από τις πρωτεΐνες του γάλακτος που περιέχουν στο μόριό τους υδατάνθρακες (σάκχαρα): γαλακτόζη = 1.4%, γαλακτοζαμίνη (αμινοσάκχαρο) = 1.2%, και αμινοακετυλονευραμινικό οξύ ή σιαλικό οξύ = 2.4%. Οι β και α₁ καζεΐνες καθιζάνουν παρουσία ιόντων Ca⁺⁺, δηλαδή είναι ευαίσθητες, αντίθετα οι κ- καζεΐνες είναι διαλυτές παρουσία Ca⁺⁺, σε όλες τις θερμοκρασίες και δεν καθιζάνουν.

Επιπλέον, οι καζεΐνες του αγελαδινού γάλακτος, όπως και των άλλων γαλακτοφόρων ζώων, είναι ενωμένες μεταξύ τους με τη μορφή κολλοειδών διασπαρμένων σωματιδίων, τα οποία είναι γνωστά με τον όρο μικήλλια Ένα μικρό όμως ποσοστό των καζεϊνών (5 - 10%) , κυρίως οι β και δευτερευόντως οι κ- καζεΐνες, βρίσκονται σε χωριστά μόρια ή μικρά συσσωματώματα και είναι γνωστές ως διαλύτες καζεΐνες.

Η κατά βάρος αναλογία μεταξύ α_{s1} : α_{s2} : β : κ - καζεϊνών είναι 3 : 0.8 : 3 : 1 και είναι σχετικά σταθερή κατά τη διάρκεια της γαλακτικής περιόδου.

Οι γ - καζεΐνες που ενσωματώνονται στα μικήλλια είναι προϊόντα διάσπασης της β -καζεΐνης μετά από πρωτεόλυση.

Τα μικήλλια έχουν σχεδόν σφαιρικό σχήμα και αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια, τα οποία είναι γνωστά ως υπομικήλλια. Το μέγεθος των υπομικηλλίων κυμαίνεται μεταξύ 10 και 15 nm και σε κάθε υπομικήλλιο περιέχονται 15 - 25 μόρια καζεϊνών. Ένας βασικός παράγοντας για τη διατήρηση της δομής των μικηλλίων είναι το κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο. Η απομάκρυνση του κολλοειδούς ασβεστίου με διάλυση ή με EDTA (αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ) από τα μικήλλια της καζεΐνης έχει ως αποτέλεσμα τη διάσπαση των μικηλλίων και τη διατήρηση των υπομικηλλίων, χωρίς να περιέχουν ασβέστιο και φωσφόρο.

Πίνακας 5:

Σύνθεση των μικηλλίων της καζεΐνης του αγελαδινού γάλακτος σε θερμοκρασία δωματίου

Συστατικά	Περιεκτικότητα (g/100g μικηλλίων)
α_{s1} - καζεΐνη	35.6
α_{s2} - καζεΐνη	9.9
β - καζεΐνη	33.6
κ - καζεΐνη	11.9
γ - καζεΐνη	2.3
Όλες οι καζεΐνες	93.3
Ασβέστιο	2.9
Μαγνήσιο	0.1
Νάτριο	0.1
Κάλιο	0.3
Ανόργανος φωσφόρος (PO ₄)	2.9
Κιτρικά	0.4
Όλα τα ανόργανα συστατικά	6.6

- Πρωτεΐνες Ορού

β -γαλακτογλοβουλίνη

Η β- γαλακτογλοβουλίνη καθώς και οι άλλες πρωτεΐνες του ορού, σε αντίθεση με τις καζεΐνες δεν περιέχουν στο μόριό τους φωσφόρο, ενώ μόνο σε ελάχιστες περιπτώσεις περιέχουν σάκχαρα. Η β- γαλακτογλοβουλίνη σε θερμοκρασία δωματίου και σε pH από 5 έως 7, βρίσκεται ως διμερές, δηλαδή ως δύο όμοιες μονάδες με μοριακό βάρος 18400 η κάθε μία, ενωμένες. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 40 °C, τα διμερή αρχίζουν να διασπώνται και να σχηματίζουν ξανά τα μονομερή τους.

α- γαλακταλβουμίνη

Η α- γαλακταλβουμίνη παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, διότι βιολογικά συνδέεται με την ενζυμική σύνθεση της λακτόζης. Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε α- γαλακταλβουμίνη συσχετίζεται με την περιεκτικότητα σε λακτόζη. Η πρωτεΐνη του ορού αυτή, αποτελεί το 20% των πρωτεϊνών του ορού και το 3.5% στο σύνολο των πρωτεϊνών του γάλακτος.

Είναι μία πρωτεΐνη με χαρακτηριστική σφαιρική δομή με τη λυσίνη εκτεθειμένη στην επιφάνεια, καθώς επίσης έχει βρεθεί πως η α- γαλακταλβουμίνη, περιέχει και ένα άτομο Ca σε κάθε μόριό της το οποίο είναι συνδεδεμένο με καρβοξυλικές ομάδες. Η α- γαλακταλβουμίνη σε αντίθεση με τη β- γαλακτογλοβουλίνη θεωρείται θερμοάντοχη και οι τυχόν αλλαγές στη δομή του μορίου της με τη θέρμανση είναι αντιστρεπτές. Ωστόσο, η ανθεκτικότητά της στη θέρμανση χάνεται όταν απομακρυνθεί το Ca από το μόριό της.

Οροαλβουμίνη

Η οροαλβουμίνη προέρχεται από το αίμα των γαλακτοφόρων ζώων και γι' αυτό μοιάζει από πλευράς σύνθεσης με την αλβουμίνη του αίματος. Η οροαλβουμίνη αποτελείται από μία και μόνη πολυπεπτιδική αλυσίδα πολύ μεγάλου μήκους (μοριακού βάρους 69000), μεγαλύτερου σε σύγκριση με τις άλλες πρωτεΐνες του ορού. Για την ακρίβεια, η οροαλβουμίνη του αίματος, είναι γνωστό ότι μεταφέρει τα αδιάλυτα λιπαρά οξέα στο κυκλοφορικό σύστημα και για το λόγο αυτό στην οροαλβουμίνη του γάλακτος βρίσκονται προσροφημένα λιπαρά οξέα, τα οποία την προστατεύουν από τη μετουσίωση με θερμότητα.

Ανοσογλοβουλίνες

Ο όρος ανοσογλοβουλίνες (IgG) περιλαμβάνει μία ετερογενή οικογένεια πρωτεϊνών, που έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό τον εφοδιασμό των νεαρών ζώων με αντισώματα για την προστασία κατά των παθογόνων μικροοργανισμών. Ακόμα, οι ανοσογλοβουλίνες είναι αρκετά πιο ευαίσθητες και από την β- γαλακτογλοβουλίνη στη θερμοκρασία και παρουσιάζουν τεχνολογικό ενδιαφέρον, κυρίως γιατί με την ψύξη του γάλακτος βοηθούν στον σχηματισμό συσσωματωμάτων από λιποσφαίρια, ενώ με τη θέρμανση μετουσιώνονται και επηρεάζουν δυσμενώς την αποκορυφωτική ικανότητα του γάλακτος. Τέλος, όλες οι ανοσογλοβουλίνες εμφανίζονται είτε σαν μονομερή είτε ως πολυμερή.

Πρωτεόζες – πεπτόνες

Ως πρωτεόζες – πεπτόνες, είναι γνωστές οι πρωτεΐνες του ορού που δεν καθιζάνουν μετά από θέρμανση στους 95°C - 100°C για 20 min (δεν μετουσιώνονται) και στη συνέχεια σε pH = 4.7 παρουσιάζουν οξίνιση. Οι πρωτεόζες - πεπτόνες, καθιζάνουν

όμως με 12% τριγλωροξικό οξύ. Αυτές, είναι μικρού μοριακού βάρους φωσφοροπρωτεΐνες και γλυκοπρωτεΐνες (με σάκχαρα), χαρακτηριστικές ιδιότητες που συναντώνται στις καζεΐνες και όχι στις άλλες πρωτεΐνες του ορού.

Από τις πρωτεόζες - πεπτόνες, υπάρχει προέλευση κλασμάτων η οποία συνδέεται με την με τη διάσπαση της β- καζεΐνης από μικήλλια της καζεΐνης. Ένα από τα κλάσματα αυτά (κλάσμα 3), έχει γίνει γνωστό με το όνομα λακτοφερίνη (lactophorin) και έχει πολύ καλές αφοροποιητικές και γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες. Λόγω της δομής και των ιδιοτήτων του, θεωρείται ότι προστατεύει το λίπος του γάλακτος από τα λιπολυτικά ένζυμα (λιπόλυση).

Επίδραση θερμικής επεξεργασίας στις πρωτεΐνες του γάλακτος

Οι πρωτεΐνες του ορού, όπως αναφέρθήκαμε και παραπάνω θεωρούνται γενικά πολύ ευαίσθητες στη θερμική επεξεργασία, ακόμη και σε θερμοκρασίες μόλις πάνω από τους 60°C. Οι πιο ευαίσθητες είναι οι ανοσογλοβουλίνες, ακολουθούν η οροαλβουμίνη και η β- γαλακτογλοβουλίνη. Η α- γαλακταλβουμίνη είναι λιγότερο ευαίσθητη από τις προηγούμενες.

Πρακτικά, οι συνέπειες της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος στις πρωτεΐνες του ορού μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

α) σχηματίζεται H_2S που είναι υπεύθυνο για τη χαρακτηριστική γεύση (cooked) που έχει το θερμόμενο γάλα

β) οι πρωτεΐνες αντιδρούν ευκολότερα με το O_2 και κατ' αυτόν τον τρόπο εξηγούνται οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες που αποκτά το γάλα με τη θερμική επεξεργασία και

γ) το οξειδοαναγωγικό δυναμικό του γάλακτος ελαττώνεται.

Η καζεΐνη, είναι μία από τις πρωτεΐνες που δεν μετουσιώνονται με τη θερμική επεξεργασία και για αυτό θεωρείται αρκετά σταθερή πρωτεΐνη. Όταν η καζεΐνη θερμανθεί μόνη της σε διάλυμα, δεν αλλάζει η διαλυτότητα και το ιζώδες της. Συνήθως, οι αλλαγές στη δομή της καζεΐνης αρχίζουν σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες τους 100°C. Μερικές άξιες αναφοράς μεταβολές συνοψίζονται παρακάτω :

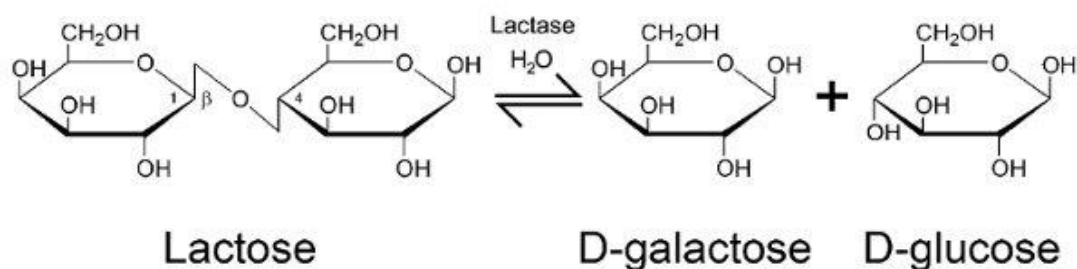
α) η ικανότητα της κ- καζεΐνης να σταθεροποιεί την α_s και να εμποδίζει την κατακρήμνισή της από την παρουσία ιόντων Ca, ελαττώνεται μετά από τη θέρμανση στους 100°C για 5 min.

β) σε θερμοκρασίες 120°C και για διάφορα χρονικά διαστήματα αρχίζει η υδρόλυση της καζεΐνης, που έχει ως συνέπεια την απελευθέρωση μη πρωτεϊνικού αζώτου, φωσφόρου και σιαλικού οξέος.

Λακτόζη

Η λακτόζη αποτελεί ένα σάκχαρο που βρίσκεται στο γάλα και ανήκει στη κατηγορία των υδατανθράκων, οι οποίοι αποτελούν τη βασικότερη πηγή ενέργειας για τον άνθρωπο. Οι ποσότητες διαφέρουν : το αγελαδινό γάλα περιέχει περίπου 4.6% λακτόζη, ενώ το ανθρώπινο γάλα περίπου 7%.

Η λακτόζη είναι ένας δισακχαρίτης που σχηματίζεται από την ένωση ενός μορίου D-γλυκόζης και ενός μορίου D-γαλακτόζης. Επίσης, εμφανίζεται με δύο ισομερείς μορφές, την α και τη β, που διακρίνονται μεταξύ τους από τη θέση του υδροξυλίου στο μόριο της γλυκόζης.



Η α-λακτόζη είναι δυνατό να μετατραπεί σε β και αντίστροφα. Ο βαθμός μετατροπής του ενός στεροϊσομερούς στο άλλο σε υδατικά διαλύματα εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, ο ρυθμός μετατροπής της α-λακτόζης προς β είναι μικρός σε χαμηλές θερμοκρασίες και αυξάνεται με την αύξηση αυτής.

Πίνακας 6:

Σχετική γλυκύτητα και διαλυτότητα λακτόζης και άλλων σακχάρων

	Σχετική γλυκύτητα	Διαλυτότητα (g/100g διαλύματος)		
		10°C	30°C	50°C
Σακχαρόζη	100	66	69	73
Λακτόζη	16	13	20	30
D-γαλακτόζη	32	28	36	47
D-γλυκόζη	74	40	54	70
D-φρουκτόζη	173	-	82	87

Μετά από γρήγορη συμπύκνωση του υδατικού διαλύματος της λακτόζης, λαμβάνεται άμορφη λακτόζη. Η άμορφη λακτόζη που παράγεται με τον τρόπο αυτό, περιέχει την α-λακτόζη και τη β-λακτόζη στην κατάσταση που υπήρχαν στο διάλυμα πριν από τη συμπύκνωση και η παρασκευή αυτή μπορεί να γίνει με κάθε διεργασία κατά την οποία είναι δυνατή η απομάκρυνση του νερού (ξήρανση, κατάψυξη).

Η λακτόζη στη σκόνη γάλακτος και τυρογάλακτος είναι συνήθως σε άμορφη κατάσταση. Ακόμα είναι πολύ υγροσκοπική και τα προϊόντα που έχουν άμορφη λακτόζη (σκόνη γάλακτος) προσλαμβάνουν εύκολα υγρασία από το περιβάλλον. Όταν η υγρασία φτάσει το 8%, αρχίζει η δημιουργία κρυστάλλων α-λακτόζης, καθώς δε οι κρυσταλλοί μεγαλώνουν ενώνουν γειτονικά τεμαχίδια σκόνης γάλακτος, με

αποτέλεσμα το «σβώλιασμα» του προϊόντος. Ακόμη, η α- λακτόζη κρυσταλλώνεται ως μονοϋδρική (ένυδρη), ενώ η β- λακτόζη ως άνυδρη (χωρίς νερό).

Όσον αφορά την επίδραση της λακτόζης στις ιδιότητες των γαλακτοκομικών προϊόντων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η άμορφη λακτόζη είναι αρκετά υγροσκοπική, ενώ η κρυσταλλική α- λακτόζη είναι αρκετά λιγότερο. Στη σκόνη γάλακτος αυτόματης διάλυσης, της οποίας η διαλυτότητα βασίζεται στο σχηματισμό συσσωματωμάτων, πολλοί ερευνητές έχουν βρει ότι η ισχύς αυτών, αυξάνεται με τη μετακρυστάλλωση της λακτόζης. Έτσι, ειδικά στη σκόνη πλήρους γάλακτος αυξάνεται η ποσότητα του ελεύθερου λίπους, δηλαδή του λίπους εκείνου που μπορεί να εκχειλιστεί κατ' ευθείαν με οργανικούς διαλύτες.

Τέλος, στο κατεψυγμένο γάλα, η κρυσταλλική λακτόζη αποσταθεροποιεί, κατά την διάρκεια της συντήρησης του προϊόντος στην κατάψυξη, τα μικρήλια της καζεΐνης. Αντίθετα, η παρουσία άμορφης λακτόζης στο σύστημα του γάλακτος δρα προστατευτικά.

Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας

Οι κυριότερες αντιδράσεις στη λακτόζη με τη θερμική επεξεργασία συνδέονται με τις αλλαγές στο χρώμα του γάλακτος, που είναι γνωστές με τον όρο καφέτιασμα ή καραμελοποίηση (browning). Στη συνηθισμένη παστερίωση δεν παρατηρείται το παραπάνω φαινόμενο, αντίθετα στις θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή της σκόνης γάλακτος και του συμπυκνωμένου γάλακτος είναι εμφανές.

Η κυριότερη αιτία του καφετιάσματος είναι η αντίδραση της αλδεϋδικής ομάδας της λακτόζης με τις ελεύθερες αμινικές ομάδες των βασικών αμινοξέων, όπως είναι η λυσίνη, η αργινίνη και η χιστιδίνη. Οι αντιδράσεις που οδηγούν στην εμφάνιση του καφέ αυτού χρώματος, είναι γνωστές κι ως αντιδράσεις Maillard. Σχηματίζονται διάφορα ενδιάμεσα ασταθή προϊόντα, τα οποία καταλήγουν στο σχηματισμό αλδεϋδών, κετονών και φουρφουράλης. Οι αλληλοαντιδράσεις των συστατικών αυτών με αμινοξέα συνεχίζονται, με τελικό αποτέλεσμα το σχηματισμό διαφόρων συμπλόκων γνωστών ως μελανίνες, που είναι προϊόντα πολυμερισμού.

Οι επιπτώσεις από τις αντιδράσεις Maillard στο γάλα είναι οι εξής:

- α) στην ελάττωση της θρεπτικής αξίας, λόγω καταστροφής αμινοξέων και βιταμινών
- β) στην αλλαγή της εμφάνισης και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του γάλακτος
- γ) στο σχηματισμό ουσιών με πιθανή τοξικότητα

Τέλος, οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το καφέτιασμα του γάλακτος, μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- α) η ένταση και η διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας

β) σε χαμηλότερο pH, όταν όλες οι άλλες σταθερές είναι ίδιες, το καφέτιασμα είναι μικρότερο

γ) όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα των στερεών του γάλακτος, τόσο αυξάνεται και το καφέτιασμα

δ) η παρουσία του οξυγόνου, το ευνοεί

ε) συγκρίνοντας τα ανάγοντα σάκχαρα (λακτόζη, γλυκόζη) με τα μη ανάγοντα (σακχαρόζη), παρατηρείται ότι τα ανάγοντα ευνοούν πολύ περισσότερο το φαινόμενο αυτό

Λιπίδια

Γενικά, το λίπος του γάλακτος εκκρίνεται με τη μορφή σφαιριδίων, τα οποία περιβάλλονται από μεμβράνη. Τα λιποσφαίρια δεν έχουν όλα το ίδιο μέγεθος, καθώς όσον αφορά το μέγεθός τους, βρέθηκε ότι το βουβαλίσιο γάλα κυρίως κι έπειτα το αγελαδινό, έχουν μεγαλύτερη διάμετρο λιποσφαιριδίων από το πρόβειο και το γίδινο. Ακόμη, στο γάλα από διάφορα είδη ζώων παρατηρούνται μεγάλες διαφορές σε ότι αφορά τη λιποπεριεκτικότητα.

Πίνακας 7:

Λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος από διάφορα είδη ζώων

Είδος	Λιποπεριεκτικότητα g/L
Αγελάδας	33 - 47
Βούβαλου	47
Προβάτου	40 - 99
Αίγας	41 - 45
Αντιλόπης	93
Ελέφαντα	85 - 190
Γυναίκας	38
Πιθήκου	10 - 51
Γουρουνιού	68
Αρκούδας	108 - 331
Φώκιας	502 - 532
Φάλαινας	153
Δελφινιού	62 - 330
Λαγού	71
Αλόγου	19

Τα λιποσφαίρια αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από τριγλυκερίδια, ενώ οι μεμβράνες που τα περιβάλλουν, από πιο πολύπλοκες κατηγορίες λιπιδίων. Τα τριγλυκερίδια είναι εστέρες της γλυκερίνης με διάφορα λιπαρά οξέα και αποτελούν τη βασικότερη κατηγορία λιπιδίων, καθώς αποτελούν το 90-98% των συνολικών λιπιδίων.

Πίνακας 8:

Κυριότερες κατηγορίες λιπιδίων σε διάφορα είδη γάλακτος

Κατηγορία	Αγελάδα	Βούβαλος	Γυναίκα	Γουρούνι
Τριγλυκερίδια	97.5	98.6	98.2	96.8
Διγλυκερίδια	0.36	-	0.7	0.7
Μονογλυκερίδια	0.03	-	ίχνος	0.1
Εστέρες χοληστερόλης	ίχνος	0.1	ίχνος	0.06
Χοληστερόλη	0.31	0.3	0.25	0.6
Ελεύθερα λιπαρά οξέα	0.03	0.5	0.4	0.2
Φωσφολιπίδια	0.6	0.5	0.26	1.6

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι το πλήρες γάλα -το οποίο περιέχει περίπου 3,25% λιπαρά- το 57% αποτελείται από κορεσμένα λιπαρά οξέα, το 25% από μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και το 6% από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Πίνακας 9:

Περιεκτικότητα του γάλακτος σε λιπαρά οξέα

Λιπαρά οξέα	% Ποσοστό του περιεχομένου σε λιπαρά οξέα
Βουτυρικό	3 - 4.5
Καπρονικό	1.3 - 2.2
Καπρυλικό	0.8 - 2.5
Καπρικό	1.8 - 3.8
Λαυρικό	2 - 5
Μυριστικό	7 - 11
Παλμιτικό	25 - 29
Στεατικό	3 - 7
Ελαϊκό	30 - 40

Για να αποφευχθεί ο διαχωρισμός του λίπους και η άνοδος του στην επιφάνεια, αναπτύχθηκε μία διαδικασία, η οποία ονομάζεται ομογενοποίηση του γάλακτος. Με

την ομογενοποίηση γίνεται τεμαχισμός των λιποσφαιρίων, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του μεγέθους τους και της τάσης ανόδου προς την επιφάνεια, βελτιώνοντας έτσι την εμφάνιση του γάλακτος με την ομοιόμορφη διασπορά των λιποσφαιρίων.

Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας

Το λίπος θεωρείται από τα πιο σταθερά συστατικά στη θερμική επεξεργασία, ωστόσο με την υπερπαστερίωση του γάλακτος περιορίζεται η διαχωριστική ικανότητα της κρέμας, λόγω της μετουσίωσης πρωτεϊνών που είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό συσσωματωμάτων από λιποσφαίρια.

Όσον αφορά την μεμβράνη των λιποσφαιρίων, παρουσιάζοντας ευαισθησία στη θέρμανση, σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 70°C οι ευαίσθητες πρωτεΐνες της μεμβράνης μπορεί να οδηγήσουν σε σχηματισμό υδρόθειου, που επηρεάζει αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος.

Τέλος, σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 100°C, οι πρωτεΐνες της μεμβράνης αυτής λαμβάνουν μέρος και σε αντιδράσεις Maillard με τη λακτόζη.

Άλατα

Στο γάλα, με το όρο άλατα εννοούνται οι ουσίες εκείνες που βρίσκονται σε αυτό υπό τη μορφή ιόντων ή μη ιονισμένες (στο pH που έχει το γάλα), σχετικά μικρού μοριακού βάρους (300). Κατά τον τρόπο αυτό, στην κατηγορία των αλάτων δεν περιλαμβάνονται μεγαλομοριακές ουσίες, όπως πολικές λιπίδες και πρωτεΐνες.

Τα άλατα του γάλακτος, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από θρεπτική και τεχνολογική άποψη:

α) το ασβέστιο και ο φωσφόρος έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη διατροφή του ανθρώπου

β) η σταθερότητα της καζεΐνης εξαρτάται από τα άλατα, ενώ από έλλειψη ισορροπίας αλάτων παρουσιάζεται αστάθεια του γάλακτος κατά τη θερμική επεξεργασία

γ) ο χρόνος πήξης του γάλακτος μετά από προσθήκη πυτιάς για παρασκευή τυριού, επηρεάζεται από τα ιόντα ασβεστίου

δ) τα κίτρινα άλατα παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό αρωματικών ουσιών σε ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα (βούτυρο, βουτυρόγαλα)

ε) μερικά μέταλλα (χαλκός και σίδηρος) καταλύουν την οξειδωση του λίπους του γάλακτος.

Άξιο αναφοράς είναι ότι το ασβέστιο και ο φωσφόρος που βρίσκονται συνδεδεμένα με την καζεΐνη, έχουν γίνει γνωστά ως «κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο» ή ως μη διαλυτό, ενώ το ασβέστιο και ο φωσφόρος που βρίσκονται στον ορό (στην υδατική φάση), έγιναν γνωστά ως «υδατοδιαλυτό ασβέστιο και φωσφόρος».

Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε διάφορα άλατα ποικίλει αρκετά και ακόμη μεγαλύτερες είναι οι μεταβολές στην κατανομή αυτών, κατά την επεξεργασία του γάλακτος. Οι σπουδαιότερες μεταβολές είναι οι εξής:

- Με την οξίνιση του γάλακτος με γαλακτικά βακτήρια διαλυτοποιείται το κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο, επειδή με την πτώση του pH το αρνητικό φορτίο των πρωτεϊνών ελαττώνεται
- Με τη θέρμανση του γάλακτος, ένα μέρος του διαλυτού φωσφορικού ασβεστίου αδιαλυτοποιείται, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου πήξης του γάλακτος που προορίζεται για την παρασκευή
- Κατά τη θερμική επεξεργασία του τυρογάλακτος, ένα μέρος του φωσφορικού ασβεστίου συνδέεται με τις πρωτεΐνες του ορού
- Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε ασβέστιο επηρεάζει την υφή διαφόρων γαλακτοκομικών προϊόντων (τυριά, γιαούρτι).

Πίνακας 10:

Περιεκτικότητα σε άλατα (ποσότητα σε 100g) για διάφορα είδη γάλατος

Στοιχεία (mg)	Μέσοι όροι σε διάφορα είδη γάλακτος			
	Κατσίκας	Προβάτου	Γυναίκας	Αγελάδας
Κάλιο	181	136	55	152
Νάτριο	41	44	15	58
Ασβέστιο	134	193	33	122
Μαγνήσιο	16	12	4	12
Φωσφόρος	121	158	43	119
Χλώριο	150	160	60	100
Θείο	28	29	14	32

Πίνακας 11:

Κατανομή μερικών αλάτων μεταξύ μικηλλίων καζεΐνης και ορού

Στοιχεία	mg/100g γάλακτος	περιεκτικότητα (%) στον ορό	mg/100g στον ορό	mg/g ξηρής καζεΐνης
Na	48	95	49	0.9
K	143	94	145	3.3
Mg	11	66	8	1.5
Ca	117	32	40	31
PO ₄	203	53	116	37
Κιτρικά	175	92	173	5.6

Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας

Τα άλατα του ασβεστίου και του φωσφόρου είναι λιγότερο διαλυτά σε υψηλές θερμοκρασίες από ότι σε χαμηλές, επομένως αναμένεται η περιεκτικότητα σε διαλυτό ασβέστιο και φωσφόρο να ελαττώνεται με τη θερμική επεξεργασία. Όταν λοιπόν από διαλυτά γίνουν αδιάλυτα, μεταφέρονται στην κolloειδή – μικροηλιακή μορφή, δηλαδή στο σύμπλοκο της καζεΐνης. Τέλος, τα άλατα του κίτρικου οξέος δεν καταστρέφονται ακόμη και με έντονη θερμική επεξεργασία, όπως είναι αυτή του βρασμού και της αποστείρωσης.

Λοιπά συστατικά (ένζυμα και βιταμίνες)

Από τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος αξίζει να γίνει αναφορά στην παρουσία των ενζύμων, αλλά και των βιταμινών. Τα ένζυμα καταλύουν πολλές αντιδράσεις και οι βιταμίνες είναι πολύτιμα συστατικά για τη διατροφή του ανθρώπου. Στο γάλα, όπως και σε άλλα τρόφιμα φυτικής ή ζωικής προέλευσης, βρίσκονται όπως και αναφέρθηκε αρκετά ένζυμα, τα οποία προέρχονται από διάφορες πηγές.

Συγκεκριμένα, υπάρχουν τα ενδογενή ένζυμα, δηλαδή αυτά που φυσιολογικά συναντώνται στο γάλα όπως εκκρίνεται από το μαστό του ζώου, αλλά και εξωγενή, που προέρχονται κυρίως από τους μικροοργανισμούς που επιμολύνουν το γάλα μετά την άμελξη. Επίσης, κατά την επεξεργασία του γάλακτος, χρησιμοποιούνται ορισμένα ένζυμα ως βοηθητικές ύλες για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων, κυρίως τυριών, όπως είναι η πτυιά (ρεννίνη), η οποία χρησιμοποιείται για το πήξιμο του γάλακτος, καθώς και ορισμένα άλλα πρωτεολυτικά και λιπολυτικά ένζυμα που συμβάλλουν στην ωρίμανσή τους.

Τα ενδογενή ένζυμα είναι συνδεδεμένα με τα μικήλλια της καζεΐνης και τη μεμβράνη των λιποσφαιρίων και ορισμένα από αυτά συναντώνται και στον ορό του γάλακτος. Τα πιο γνωστά από τα ενδογενή ένζυμα είναι η υπεροξειδάση, η καταλάση, οι φωσφατάσες, οι λιπάσες και η πλασμίνη.

Η υπεροξειδάση μεταφέρει το οξυγόνο κυρίως από το υπεροξειδίο του υδρογόνου και άλλα υπεροξειδία σε δέκτες οξυγόνου. Το ένζυμο αυτό αδρανοποιείται όταν το γάλα θερμανθεί στους 80°C για μερικά δευτερόλεπτα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί αν το γάλα έχει υποστεί θερμική επεξεργασία μεγαλύτερη της παστερίωσης (υπερπαστερίωση).

Ακόμα, η υπεροξειδάση παρουσιάζει και αντιμικροβιακή δράση, καθώς έχει χρησιμοποιηθεί στη συντήρηση του νεπού γάλακτος με την προσθήκη κατάλληλων ουσιών

Η καταλάση διασπάει το υπεροξειδίο του υδρογόνου σε νερό και οξυγόνο. Το ένζυμο αυτό, καταστρέφεται όταν το γάλα θερμανθεί στους 75°C για 1 min.

Οι φωσφατάσες είναι ένζυμα που καταλύουν την υδρόλυση φωσφορικών εστέρων. Οι φωσφατάσες καταστρέφονται στη θερμοκρασία παστερίωσης του γάλακτος (72°C, 15s) και χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της αποτελεσματικής παστερίωσης

Οι λιπάσες υδρολύουν το λίπος και ελευθερώνουν τα λιπαρά οξέα από τη γλυκερόλη, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ανεπιθύμητης οσμής (λιπολυτική τάγγιση) από τα ελεύθερα πτητικά λιπαρά οξέα

Η πλασμίνη είναι πρωτεολυτικό ένζυμο, το οποίο διασπά κυρίως τη β-καζεΐνη, αλλά και την α₂-καζεΐνη καθώς σχηματίζονται οι γ-καζεΐνες.

Τέλος, το γάλα περιέχει όλες τις απαραίτητες βιταμίνες για τον οργανισμό. Οι σπουδαιότερες θεωρούνται οι Α, Β₁ (θειαμίνη), Β₂ (ριβοφλαβίνη), Β₁₂ (κομπαλαμίνη), το νικοτινικό οξύ και το παντοθενικό οξύ, καθώς έτσι η κατανάλωση του γάλακτος και προϊόντων αυτού καλύπτει ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης.

1.3 Θρεπτική Αξία του γάλακτος

Το γάλα θεωρείται από τις πιο ισορροπημένες τροφές παγκοσμίως, καθώς περιέχει ένα ευρύ φάσμα θρεπτικών συστατικών. Το γάλα και τα προϊόντα του, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα να εφοδιάζουν τον ανθρώπινο οργανισμό με πολλά απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, τα κυριότερα από τα οποία είναι οι πρωτεΐνες, το ασβέστιο, ο φωσφόρος, η ριβοφλαβίνη, η βιταμίνη Α και η θειαμίνη.

Η σύνθεση ως πρωτεϊνών του γάλακτος σε αμινοξέα είναι τέτοια ώστε να ταξινομούνται σαν πρωτεΐνες με υψηλή βιολογική αξία. Πιο συγκεκριμένα, οι πρωτεΐνες του γάλακτος είναι πλούσιες σε λυσίνη, γεγονός που τις καθιστά κατάλληλες για συνδυασμό με πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης (ψωμί, φασόλι, κλπ.) που είναι ελλειμματικές σε αυτό το αμινοξύ.

Ακόμα, το γάλα αποτελεί την κύρια πηγή ασβεστίου στο διαιτολόγιο πολλών χωρών. Το ασβέστιο χρειάζεται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες, διότι είναι σημαντικό για το σχηματισμό και τη διατήρηση των οστών, το κανονικό πήξιμο του αίματος και για τη λειτουργία του νευρικού συστήματος. Με πλούσια διατροφή σε ασβέστιο, μπορεί να επέλθει ελάττωση του σωματικού βάρους και μείωση του κινδύνου από παχυσαρκία, επειδή μειώνεται η ικανότητα απορρόφησης του λίπους από τον οργανισμό.

Πίνακας 12:

Ποσοστά καλυπτόμενων ημερησίων αναγκών με την κατανάλωση 0.5 kg αγελαδινού γάλακτος

Συστατικά	Παιδί 4-6 ετών (%)	Άνδρας 23 -50 ετών (%)	Γυναίκα 23 - 50 ετών (%)
Ενέργεια	18	12	16
Πρωτεΐνη	58	31	38
Ασβέστιο	74	74	74
Φωσφόρος	58	58	58
Σίδηρος	0	0	0
Βιταμίνη Α	28	14	18
Θειαμίνη	7	11	17
Ριβοφλαβίνη	77	53	71
Νιασίνη	4	3	4
Βιταμίνη C	12	11	11

Σχετικά με τις βιταμίνες, το γάλα είναι η πλουσιότερη πηγή ριβοφλαβίνης (B₂), καθώς το γάλα περιέχει περισσότερο ριβοφλαβίνη από το κρέας και τα αυγά, όταν η σύγκριση γίνεται με βάση το στερεό υπόλειμμα. Επίσης, το γάλα είναι μία καλή πηγή βιταμίνης Α, αν και το μεγαλύτερο μέρος της στις περισσότερες χώρες, λαμβάνεται από τα λαχανικά υπό τη μορφή προβιταμίνης Α.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η λακτόζη είναι το σάκχαρο που βρίσκεται μόνο στο γάλα. Αρκετοί άνθρωποι όμως, δεν έχουν το κατάλληλο ένζυμο λακτάση για τη διάσπαση της λακτόζης σε γλυκόζη και γαλακτόζη, με αποτέλεσμα να υποφέρουν από φούσκωμα στην κοιλιά και άλλες συνέπειες όποτε πίνουν γάλα. Όλα τα νήπια έχουν το ένζυμο της λακτάσης, με την ενηλικίωση όμως πολλοί άνθρωποι χάνουν την ικανότητα να διασπούν τη λακτόζη, λόγω έλλειψης της λακτάσης. Στους ανθρώπους αυτούς με ευαισθησία στη λακτόζη, συνιστάται η κατανάλωση προϊόντων γάλακτος που δεν περιέχουν καθόλου λακτόζη, όπως είναι το τυρί ή μικρές ποσότητες αυτού, όπως το γιαούρτι.

Τέλος, το λίπος του γάλακτος είναι το συστατικό εκείνο που έχει δεχτεί τις περισσότερες κρίσεις από το επιστημονικό κοινό, διότι έχει διατυπωθεί η άποψη ότι με την κατανάλωση του λίπους του γάλακτος, προκαλείται σκλήρυνση των αρτηριών της καρδιάς. Αντίθετα όμως, για ορισμένα προϊόντα γάλακτος όπως είναι τα ζυμωμένα (γιαούρτι, ξυνόγαλα) έχουν αναφερθεί πολλές ευνοϊκές επιδράσεις πάνω στην υγεία του ανθρώπου.

Βιολογικές ιδιότητες του γάλακτος που συνδέονται με την υγεία

Οι βιολογικές ιδιότητες του γάλακτος, βασίζονται στην παρουσία βιοενεργών ουσιών. Οι ουσίες αυτές είναι ένα ευρύ φάσμα θετικών επιδράσεων στην λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Προέρχονται από τα συστατικά του γάλακτος που υπάρχουν σε αυτό όπως εκκρίνεται ή από τμήματα των συστατικών τα οποία απελευθερώνονται κατά την πέψη τους από τον άνθρωπο ή σχηματίζονται κατά τη ζύμωση του γάλακτος για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων. Στη συνέχεια, θα αναφερθούν οι πιο γνωστές βιοενεργές ουσίες με τη βιολογική τους σημασία:

- β-γαλακτογλοβουλίνη, έχει συνδεθεί με την καθυστέρηση εντερικών όγκων και την αντιμικροβιακή δράση στο έντερο
- ανοσογλοβουλίνες, λυσοζύμη, λακτοφερίνη, αποτελούν το αντιμικροβιακό σύστημα του γάλακτος και επιπλέον βοηθούν στην απορρόφηση του σιδήρου στο βρεφικό γάλα
- γλυκομακροπεπτίδιο, προέρχεται από την καζεΐνη μετά την πήξη του γάλακτος με πυτιά και συμβάλλει στην ανάπτυξη ωφέλιμων προβιοτικών μικροοργανισμών στο πεπτικό σύστημα
- καζοκινίνες, προέρχονται από τη διάσπαση των α και β-καζεϊνών και έχουν αντιυπερτασικές ιδιότητες
- καζεΐνοφωσφοπεπτίδια, προέρχονται από τη διάσπαση των καζεϊνών, δημιουργούν διαλυτά σύμπλοκα με το ασβέστιο και βοηθούν στην πρόληψη της οστεοπόρωσης
- συζευγμένο λινελαϊκό οξύ (CLA), έχει συνδεθεί με διάφορες βιολογικές δράσεις όπως η μείωση της ολικής και της LDL χοληστερόλης και μειώνει την αναλογία λίπους / μάζα σώματος
- λακτουλόζη, σχηματίζεται κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος από τη λακτόζη και βοηθά στην ανάπτυξη προβιοτικών μικροοργανισμών
- γαλακτόζη, σχηματίζεται από τη διάσπαση της λακτόζης και συμβάλλει στην ανάπτυξη του εγκεφάλου των βρεφών
- τα γαλακτοκομικά προϊόντα με το ασβέστιο, το κάλιο και το μαγνήσιο που περιέχουν, συμβάλλουν στη διατήρηση της συστολικής αρτηριακής πίεσης σε φυσιολογικά επίπεδα
- η μεμβράνη των λιποσφαιρίων περιέχει πάρα πολλά συστατικά με ευνοϊκές επιδράσεις στην υγεία, όπως είναι η ξανθίνη - οξειδάση με αντιμικροβιακές ιδιότητες, οι γλυκοπρωτεΐνες που διευκολύνουν την ανάπτυξη προβιοτικών μικροοργανισμών, ειδικά λιπαρά οξέα με αντικαρκινικές ιδιότητες, η Βιταμίνη E και τα καροτενοειδή με αντιοξειδωτικές ιδιότητες και διάφορα άλλα συστατικά όπως τα φωσφολιπίδια, με δυνατότητες πρόληψης ασθενειών του πεπτικού συστήματος και της ελάττωσης της χοληστερόλης.

Επίδραση της επεξεργασίας του γάλακτος στη θρεπτική του αξία

Όταν το γάλα χρησιμοποιείται ως τροφή από τον άνθρωπο πρέπει να υποστεί διάφορες επεξεργασίες, οι οποίες θα αναφερθούν στα επόμενα κεφάλαια, επειδή είναι ευάλωτο και υφίσταται διάφορες μεταβολές που το κάνουν ακατάλληλο για κατανάλωση. Οι διαφορές στη θρεπτική αξία μεταξύ των προϊόντων μπορεί να οφείλονται τόσο στο γεγονός ότι μερικά από τα προϊόντα όπως το τυρί, το βούτυρο,

περιέχουν μερικά μόνο από τα συστατικά του γάλακτος, όσο και στο γεγονός ότι οι μέθοδοι επεξεργασίας, κυρίως η θερμική, καταστρέφουν μερικά από τα θρεπτικά συστατικά και κυρίως τις βιταμίνες.

Πίνακας 13:

Επίδραση της θερμοκρασίας στις βιταμίνες του γάλακτος

Είδη γάλακτος	% απώλεια βιταμινών			
	Βιταμίνη A	Βιταμίνη D	Βιοτίνη	Θειαμίνη (B1)
Μη παστεριωμένο	0	0	0	0
Παστεριωμένο	0	0	0	<10
Αποστεριωμένο	0	0	0	35 - 40
Υπερθερμανθέν (UHT)	0	0	0	5 - 15
Συμπυκνωμένο	0	0	10	40
Σκόνη	0	0	10	15

Είδη γάλακτος	Ριβοφλαβίνη (B2)	Νιασίνη	Βιταμίνη B6	Βιταμίνη B12	ΒιταμίνηC
Μη παστεριωμένο	0	0	0	0	0
Παστεριωμένο	0	0	<5	<10	5 - 15
Αποστεριωμένο	0	0	10 - 20	80 - 100	30 - 50
Υπερθερμανθέν (UHT)	0	0	<10	10 - 20	10 - 20
Συμπυκνωμένο	0	0	0	90	60
Σκόνη	0	0	0	30	30

Γενικά μπορεί να πει κανείς ότι με εξαίρεση την καταστροφή μερικών βιταμινών, τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος όπως το λίπος, η λακτόζη και οι πρωτεΐνες δεν υφίστανται σημαντικές μεταβολές κατά τη θέρμανση του γάλακτος και γενικά κατά την επεξεργασία του. Ειδικά, παρόλο που οι ευαίσθητες στη θέρμανση υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες μετουσιώνονται, η βιολογική τους αξία δεν υποβαθμίζεται και μάλιστα αυξάνεται η πεπτικότητά τους.

Δεν πρέπει όμως να αγνοηθούν οι αντιδράσεις Maillard που λαμβάνουν χώρα ιδιαίτερα με την έντονη θερμική επεξεργασία (αποστείρωση, μέθοδος υψηλής θερμικής επεξεργασίας UHT). Οι αντιδράσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή ενός μεγάλου μέρους της λυσίνης και τη μετατροπή της σε άλλα συστατικά που χρησιμοποιούνται ως δείκτες για την παρακολούθηση των μεταβολών του γάλακτος με θερμική επεξεργασία.

Βιβλιογραφία 1^{ου} Κεφαλαίου

- Bylund G., Dairy processing handbook, Tetra Pak Processing Systems AB, 1995
- Encyclopedia of dairy sciences, 4th volume, 2nd edition, John W. Fuquay, F. Fox, Paul L.H. McSweeney
- FAO (2013), Food And Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2013
- Park Y.W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G.F.W. 2007. Physico–chemical characteristics of goat and sheep milk. Small ruminant research, 2007
- Varnam, Jane P. Sutherland, Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology, Aspen Publishers, 2001
- Walstra P., Wouters J. T. M., Geurts T.J., Dairy Science and Technology Second Edition, Chapter 1 - 4 , 2006
- Ελληνικός Κώδικας Τροφίμων & Ποτών (Έκδοση 2009 με Αναθεωρημένες Διατάξεις έως 2014). Επιμέλεια-Έκδοση: Γενικό Χημείο του Κράτους, Αθήνα
- Ελληνικός κώδικας Τροφίμων, Ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης, κεφ. ΙΧ Γάλα, αυγά και προϊόντα από αυτά, άρθρο 80, 2014
- Ελληνικός κώδικας Τροφίμων, Ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης, κεφ. ΙΧ Γάλα, αυγά και προϊόντα από αυτά., άρθρο 82, 2016
- Χρήστος Κεχαγιάς, Στοιχεία Τεχνολογίας και Έλεγχοι Ποιότητας Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων, Εργαστηριακό Εγχειρίδιο, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2005

Κεφάλαιο 2: Παραγωγή γιαουρτιού

2.1 Ζυμωμένα Γαλακτοκομικά Προϊόντα

Τα ζυμωμένα γαλακτικά προϊόντα, παρασκευάζονται μετά από τη ζύμωση του γάλακτος με ειδικούς μη παθογόνους και μη τοξικούς μικροοργανισμούς, οι οποίοι είναι γνωστοί ως καλλιέργειες. Στη χώρα μας, ένα από τα πιο γνωστά προϊόντα της κατηγορίας αυτής, είναι το γιαούρτι στο οποίο χρησιμοποιούνται θερμοφιλοι οξυγαλακτικοί μικροοργανισμοί όπως είναι ο *Streptococcus thermophiles* και ο *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* για τη ζύμωση του γάλακτος.

Στα τελικά προϊόντα από πλευράς σύνθεσης, εξετάζεται για τη προστασία των καταναλωτών η λιποπεριεκτικότητα και το ΣΥΑΛ (στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους). Για τον προσδιορισμό αυτών, εφαρμόζονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και

στο γάλα, με ορισμένες τροποποιήσεις. Το γιαούρτι, καθώς και τα άλλα ζυμωμένα γάλατα παρασκευάζονται πάντα από γάλα που έχει υποστεί υψηλή θερμική επεξεργασία, εντονότερη της παστερίωσης και έχουν αυξημένη οξύτητα.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες, τα προϊόντα αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως τα πλέον ασφαλή από υγειονομική άποψη για τους καταναλωτές, αφού τυχόν παθογόνοι μικροοργανισμοί (π.χ. Salmonella) δεν μπορούν να αναπτυχθούν και σύντομα αδρανοποιούνται. Ακόμα, τα ζυμωμένα γάλατα και ιδιαίτερα το γιαούρτι θεωρούνται προϊόντα με βιολογικά χαρακτηριστικά που τα διαφοροποιούν από το γάλα, διότι περιέχουν ένζυμα και ζωντανούς μικροοργανισμούς που έχει βρεθεί ότι έχουν ευνοϊκές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.

Τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά των ζυμωμένων ειδών του γάλακτος που έχουν μεγάλη σχέση με την ποιότητα του προϊόντος είναι τα εξής:

- α) η συνεκτικότητα του πηγματος
- β) το ιξώδες του αναμεμιγμένου πηγματος και
- γ) η αποβολή του ορού από το πήγμα.

Ακόμα, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για τη μέτρηση της συνεκτικότητας και του ιξώδους του πηγματος των ζυμωμένων ειδών γάλακτος. Με τις μεθόδους αυτές, μετράται η αντίσταση του πηγματος είτε με την είσοδο σ' αυτό διαφόρων πλακών, κυλίνδρων ή κώνων (συνεκτικότητα), είτε με την περιστροφή διαφόρων δίσκων ή κυλίνδρων (ιξώδες). Για τη μέτρηση αυτών λοιπόν, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι τύποι οργάνων όπως οι αναλυτές υφής (texture analyzers) για τη συνεκτικότητα του γιαουρτιού, ενώ το Brookfield για τη μέτρηση του.

Πίνακας 14

Τα κυριότερα ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα και τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά τους

Όνομα	Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται	Οξύτητα (%)	Αλκοόλη κατ'όγκο (%)	Αριθμός ειδικών μικρ/g
Γιαούρτι	Streptococcus thermophilus & Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus (μίγμα)	>0.7	-	>10 ⁷
Βουτυρόγαλα	Streptococcus lactis &/ή Streptococcus lactis subsp. Cremoris &/ή Streptococcus lactis subsp. Diacetylactis &/ή Leuconostoc spp.	>0.6	-	>10 ⁷

Κεφίρ	Ανάμικτη καλλιέργεια αποτελούμενη από α) Ζύμες που ζυμώνουν τη λακτόζη (kluveromyces) ή και όχι (sacchatomyces) β) Βακτήρια από διάφορα γένη Lactobacillus, Leuconostoc, Streptococci	>0.8	>1	>10 ⁷
Κούμης	Lactobacillus bulgaricus & Kluyveromyces marxianus	>0.7	>1	>10 ⁷

2.2 Γιαούρτι - Ορισμός - Είδη

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών του άρθρου 82, ως «Γιαούρτι» χαρακτηρίζεται το γαλακτοκομικό προϊόν το οποίο παράγεται από τη ζύμωση και πήξη του γάλακτος, με τη χρήση υποχρεωτικά των καλλιεργειών - εκκινητών *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, ώστε το τελικό ζυμωμένο προϊόν να περιέχει τουλάχιστον 10⁷ cfu/g προϊόντος μέχρι την ημερομηνία ανάλωσής του.

Τα διάφορα είδη γιαουρτιού και γενικά τα προϊόντα ζυμωμένου γάλακτος χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος ζώου από το οποίο προέρχεται το γάλα όπως: αγελαδινό, πρόβειο, κατσικίσιο, καμήλας κ.α., καθώς και ένας άλλος διαχωρισμός για το γιαούρτι γίνεται με βάση τη διεργασία που παράγεται και των χαρακτηριστικών που αποκτά λόγω αυτής. Με βάση τα παραπάνω λοιπόν, τα είδη του γιαουρτιού αποτυπώνονται ως εξής:

- Συνεκτικό Γιαούρτι (Set)
- Αναμεμιγμένο Γιαούρτι (Stirred)
- Στραγγιστό Γιαούρτι (Strained)
- Πόσιμο γιαούρτι (Drinking)
- Παγωμένο Γιαούρτι (Frozen)

Το βασικότερο χαρακτηριστικό του γιαουρτιού είναι η παρασκευή του μετά από ζύμωση του γάλακτος - πήξιμο του γάλακτος λόγω της πτώσης που θα επέλθει στο pH - με τους θερμοφίλους μικροοργανισμούς *S. Thermophilus* και *L. Bulgaricus*.

Συνεκτικό και Αναμεμιγμένο γιαούρτι

Συνεκτικό Γιαούρτι



Αναμεμιγμένο Γιαούρτι



Συγκεκριμένα, οι κυριότεροι τύποι σε παγκόσμια κλίμακα του γιαουρτιού θεωρούνται το συμπαγές (συνεκτική – set) και το αναμεμιγμένο (ανακατεμένο – stirred). Οι βασικότερες διαφορές των δύο αυτών τύπων είναι:

- Στο συμπαγές, το γάλα τοποθετείται σε κασεδάκια και εκεί γίνεται η πήξη
- Στο ανακατεμένο, το γάλα πήζει σε δεξαμενές
- Στην ανακατεμένη, το πήγμα μετά το πήξιμο αναδεύεται, ενώ στο συμπαγές χρειάζεται προσοχή ώστε να μην διαταραχθεί το πήγμα όπως σχηματίζεται στα κεσεδάκια, για να προκύψει ένα συμπαγές πήγμα μετά από την ψύξη
- Το βασικό χαρακτηριστικό του ανακατεμένου γιαουρτιού είναι το αυξημένο ιξώδες, όπου δικαιολογεί και την ημίρευστη έως ρευστή μορφή του
- Το αναμεμιγμένο γιαούρτι είναι ο τύπος που προτιμάται για την ανάμιξή του με συστατικά γεύσης (κυρίως προϊόντα από φρούτα), διότι διευκολύνεται η ανάμιξη των συστατικών μετά την επώαση. Στο συνεκτικό γιαούρτι, η προσθήκη των κομματιών φρούτων ή μαρμελάδας γίνεται στον πυθμένα από το κεσεδάκι, πριν την επώαση και μετά προστίθεται το γάλα με την καλλιέργεια, για να πήξει

Στραγγιστό γιαούρτι



Με βάση τον κώδικα τροφίμων και ποτών, ως «στραγγιστό γιαούρτι» χαρακτηρίζεται το προϊόν που λαμβάνεται από το γιαούρτι μετά από αποστράγγιση μέρους του ορού μετά την πήξη και έχει κατ' ελάχιστο 5,6% πρωτεΐνες για το αγελαδινό ή γίδινο γάλα και 8% για το πρόβειο γάλα. Σε περίπτωση μιγμάτων διαφόρων ειδών γάλακτος η ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες υπολογίζεται με βάση την αναλογία των ειδών γάλακτος.

Όσον αφορά το στραγγιστό (strained) γιαούρτι, για την παρασκευή του, το γάλα πήζει σε δεξαμενές και με ανάδευση γίνεται η θραύση του πήγματος. Μετά από τη θραύση αυτή, παραδοσιακά μεταφέρεται σε υφασμάτινους σάκους των 15 - 25 kg, οι οποίοι τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλο σε χαμηλοπύθμενες δεξαμενές για να διευκολυνθεί η στράγγιση του ορού.

Η στράγγιση διαρκεί λιγότερο από 24 h σε θερμοκρασία ψυγείου κι έπειτα με την ολοκλήρωσή της, το περιεχόμενο των σάκων αδειάζει και μεταφέρεται σε ειδικό ζυμωτήριο όπου γίνεται η ανάδευση του πήγματος για να αποκτήσει ομοιόμορφη δομή. Στη φάση αυτή, γίνεται έλεγχος του λίπους και της υγρασίας καθώς και τυποποίηση με προσθήκη παστεριωμένης κρέμας ή παστεριωμένου ορού, ώστε το τελικό προϊόν να ανταποκρίνεται στις νομοθετικές προδιαγραφές. Όταν λοιπόν το γιαούρτι παρασκευαστεί με τον παραπάνω τρόπο, μπορεί να ονομασθεί και ως γιαούρτι σακούλας. Ο παραδοσιακός αυτός τρόπος παρασκευής εφαρμόζεται σήμερα μόνο σε μερικές μικρές βιοτεχνίες, λόγω των διαφόρων αδυναμιών που περιλαμβάνει όπως είναι:

- Η απώλεια προϊόντος κατά τη μεταφορά από τους σάκους στο ζυμωτήριο
- Ο δύσκολος καθαρισμός και η ακόμα πιο δύσκολη απολύμανση τους
- Κατά τη διαδικασία της στράγγισης, αναπτύσσεται μεγάλη οξύτητα, γεγονός που είναι μη επιθυμητό για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Για τους παραπάνω λόγους, στις πιο σύγχρονες μονάδες παρασκευής στραγγιστού γιαουρτιού, καθιερώθηκε η αφαίρεση του ορού να μην γίνεται με στράγγιση σε σακούλες, αλλά με φυγοκέντρηση. Μετά τη θραύση του πήγματος στις δεξαμενές. Το πήγμα σε θερμοκρασία 50 – 60°C φυγοκεντρείται για την αφαίρεση του ορού.

Οι θερμοκρασίες στις οποίες θερμαίνεται το πήγμα πριν τη φυγοκέντρηση σε συνδυασμό και με την αυξημένη οξύτητα, αυξάνουν τη διάρκεια ζωής του προϊόντος

αφού αδρανοποιούν αρκετούς ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς και διευκολύνουν τη μεταχείριση του πηγματος για την απομάκρυνση του ορού. Συνήθως, το γάλα που χρησιμοποιείται για το πήξιμο είναι αποβουτυρωμένο και μετά την αφαίρεση του ορού γίνεται τυποποίηση με την προσθήκη κρέμας.

Ένας άλλος εναλλακτικός τρόπος αφαίρεσης του ορού από το πήγμα είναι με ημιπερατές μεμβράνες, εφαρμόζοντας την τεχνολογία της υπερδιήθησης. Ο τρόπος όμως αυτός δεν έχει βρει μεγάλη εφαρμογή, διότι είναι δύσκολος ο καθαρισμός των μεμβρανών, αλλά θεωρείται αποτελεσματικός λόγω του ότι συγκρατούνται περισσότερες πρωτεΐνες ορού στο πήγμα.

Πόσιμο γιαούρτι



Το πόσιμο (drinking) γιαούρτι θεωρείται ως ένα χαμηλού ιξώδους αναμεμιγμένο γιαούρτι, καθώς η παρασκευή του είναι παρόμοια με αυτή του αναμεμιγμένου (stirred). Το ζυμωμένο προϊόν που βρίσκεται στη δεξαμενή ψύχεται στους 20°C, όπου διαταράσσεται το πήγμα και στη συνέχεια προστίθενται σταθεροποιητές, οι οποίοι έχουν παστεριωθεί. Επίσης, όταν ολοκληρωθεί η ζύμωση το πήγμα ομογενοποιείται και στο τέλος αδειάζεται στα κύπελλα.

Στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική, το πόσιμο γιαούρτι παράγεται από γάλα με χαμηλά λιπαρά και χαμηλή περιεκτικότητα σε ολικά στερεά. Συνηθίζεται στο προϊόν

αυτό να προστίθεται άρωμα ή γεύση φρούτων (φράουλα, βατόμουρο, πορτοκάλι κλπ.). Το πόσιμο γιαούρτι μπορεί να λειτουργήσει ως ένα δροσιστικό ρόφημα, με ευχάριστη γεύση, ενώ παράλληλα προσδίδει στον ανθρώπινο οργανισμό πολλά θρεπτικά στοιχεία.

Παγωμένο γιαούρτι



Το παγωμένο (frozen) γιαούρτι χωρίζεται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες: μαλακό, σκληρό και σε μορφή αφρόκρεμας (μους). Αυτά τα προϊόντα μοιάζουν με το παγωτό στη φυσική τους κατάσταση, αλλά διατηρούν τη χαρακτηριστική όξινη γεύση του γιαουρτιού σε συνδυασμό με τη δροσιστική αίσθηση που έχει το παγωτό. Ακόμα, τα προϊόντα αυτά περιέχουν υψηλότερα επίπεδα ζάχαρης και σταθεροποιητών σε σχέση με το απλό γιαούρτι, επειδή πρέπει να διατηρήσουν τις φυσαλίδες αέρα στη δομή τους κατά τη διάρκεια της διεργασίας της κατάψυξης.

Η διαδικασία παραγωγής του παγωμένου γιαουρτιού περιλαμβάνει την ανάμιξη κρύου φυσικού στραγγιστού γιαουρτιού με κρύο σιρόπι φρούτων, σταθεροποιητές και ζάχαρη και στη συνέχεια, τη κατάψυξη του μίγματος σε ένα τυπικό καταψύκτη παγωτού.

Πίνακας 15:

Προτεινόμενη (%) χημική σύσταση των μιγμάτων του παγωμένου γιαουρτιού

Συστατικά	Μαλακό	Σκληρό	Αφρόκρεμα
Λιπαρά (%)	2 - 6	2 - 6	3
Σ.Υ.Α.Λ. (%)	5 - 10	5 - 14	12
Ζάχαρη (%)	8 - 20	8 - 16	8
Σταθεροποιητές (%)	0.2 - 0.6	0.2 - 1	2.4

2.3 Παραγωγική διαδικασία

Έλεγχος πρώτων υλών

Κατ' αρχάς το νωπό γάλα πρέπει να ανταποκρίνεται στις γενικές απαιτήσεις της βιομηχανίας, καθώς επίσης και στη νομοθεσία. Το είδος του γάλακτος που θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του γιαουρτιού επηρεάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του πηγματος, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, καθώς και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται ως καλλιέργεια. Στη χώρα μας, τα παλαιότερα χρόνια, σχεδόν αποκλειστικά για την παρασκευή γιαουρτιού γινόταν χρήση πρόβειου γάλακτος. Από το πρόβειο γάλα παρασκευάζονταν γιαούρτι με συνεκτικότερο, απαλότερο πήγμα, πληρότητα γεύσης και μικρότερη αίσθηση της οξύτητας σε σχέση με αυτή από αγελαδινού και γίδινου γάλακτος. Τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά αποδίδονται στις ιδιότητες των πρωτεϊνών του πρόβειου γάλακτος, καθώς και στην περιεκτικότητα του γάλακτος αυτού σε ολικά στερεά (λίπος, ασβέστιο).

Όσον αφορά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, οι μικροοργανισμοί του γιαουρτιού αναπτύσσονται με την ίδια επιτυχία σε όλα τα είδη γάλακτος, μικροδιαφορές όμως παρατηρούνται στο χρόνο που απαιτείται για το πήξιμο του γάλακτος, που σχετίζεται με την πτώση του pH και τις ιδιότητες των πρωτεϊνών. Συνήθως, οι βιομηχανίες προμηθεύονται τις καλλιέργειες υπό τη μορφή λυοφιλωμένης σκόνης ή κατεψυγμένης συμπυκνωμένης καλλιέργειας. Στις καλλιέργειες, πρέπει να ελέγχονται τουλάχιστον κατά διαστήματα τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Οργανοληπτικά (για τις ρευστές καλλιέργειες)
- Μορφολογικά χαρακτηριστικά των μικροοργανισμών και η αναλογία σε περίπτωση μιγμάτων
- Πληθυσμός (κυρίως για τις συμπυκνωμένες ή κατεψυγμένες καλλιέργειες)
- Προτεινόμενες συνθήκες ανάπτυξης (pH και θερμοκρασία)
- Έλεγχος της σύνθεσης των μικροοργανισμών μετά από την ανάπτυξή τους σε υποστρώματα
- Ικανότητα ανάπτυξης της οξύτητας, για την τήρηση των επιθυμητών προδιαγραφών
- Έλεγχος ικανότητας αύξησης του ιξώδους
- Ικανότητα των μικροοργανισμών που επιζούν στο τελικό προϊόν
- Πρωτεολυτική δραστηριότητα
- Λιπολυτική δραστηριότητα

- Ικανότητα σχηματισμού των απαραίτητων αρωματικών ουσιών

Τυποποίηση

Με την τυποποίηση ρυθμίζεται η λιποπεριεκτικότητα και το στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους (ΣΥΑΛ) και για να ανταποκρίνεται το τελικό προϊόν στις νομοθετημένες απαιτήσεις από πλευράς σύνθεσης, αλλά και γιατί αλλάζοντας τη σύσταση ορισμένων συστατικών του γάλακτος, επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καθώς και η υφή των προϊόντων.

Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη μπορεί να αυξηθεί με διάφορους τρόπους. Ο πιο κλασικός και παραδοσιακός, είναι η συμπύκνωση του γάλακτος υπό κενό. Ένας άλλος τρόπος, είναι η προσθήκη σκόνης γάλακτος σε ποσοστό που δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 - 3%. Με τη συμπύκνωση του γάλακτος υπό κενό, αυξάνεται η συγκέντρωση πρωτεϊνών, όπως συγχρόνως και η περιεκτικότητα της λακτόζης, γεγονός ανεπιθύμητο. Καλύτερα αποτελέσματα μπορούμε να έχουμε με τη συμπύκνωση του γάλακτος με μεμβράνες και ιδιαίτερα με την υπερδιήθηση. Στη περίπτωση αυτή, ελαττώνεται η περιεκτικότητα του συμπυκνώματος σε λακτόζη κι αυξάνεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.

Με την προσθήκη σκόνης γάλακτος, αυξάνεται και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες αλλά και σε λακτόζη. Επειδή η σκόνη δεν διαλύεται εύκολα, δημιουργούνται προβλήματα στην υφή του προϊόντος όταν αυξάνεται σε όρια πάνω από 2%. Τα πρωτεϊνικά παρασκευάσματα υπό τη μορφή σκόνης, δίνουν καλύτερα αποτελέσματα, διότι περιέχουν κυρίως πρωτεΐνες και ελάχιστη ποσότητα λακτόζης. Επίσης, η αύξηση των καζεϊνικών αλάτων μεγαλύτερη του 2%, οδηγεί σε αύξηση ανεπιθύμητου βαθμού του ιξώδους των τελικών προϊόντων. Πέρα από τα τεχνολογικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα που συνδέονται με τους διάφορους τρόπους που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση του ΣΥΑΛ, ένας εξίσου καθοριστικός παράγοντας είναι και το κόστος της επεξεργασίας και της αγοράς των προϊόντων αυτών.

Βρασμός

Ο βρασμός του γάλακτος αποτελεί μία παραδοσιακή μέθοδο, κατά την οποία το γάλα θερμαίνεται μέχρι να μειωθεί ο όγκος του στα 2/3 του αρχικού. Ο στόχος είναι να αυξηθεί η συγκέντρωση των πρωτεϊνών, όμως η θερμότητα προκαλεί κι άλλες φυσικοχημικές μεταβολές. Ο βαθμός συμπύκνωσης που επιτυγχάνεται με τη διαδικασία αυτή, δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια, αλλά θεωρείται πως αν το ποσοστό είναι 13g/100g σε ΣΥΑΛ, το αποτέλεσμα του βρασμού είναι να αυξηθεί σε περίπου 19 - 20g/100g. Αυτή η μέθοδος ενίσχυσης των πρωτεϊνών χρησιμοποιείται σε μικρή κλίμακα παραγωγής σε βιοτεχνικό ή οικιακό επίπεδο.

Προσθήκη σταθεροποιητών

Ο πρωταρχικός στόχος της προσθήκης σταθεροποιητών στη βάση του γάλακτος είναι η ενίσχυση και η διατήρηση των επιθυμητών χαρακτηριστικών στο γιαούρτι, καθώς και η βελτίωση στην υφή, στο ιξώδες του και στην εμφάνισή του. Το γιαούρτι, όπως έχουμε ήδη αναφερθεί υφίσταται αρκετές μηχανικές μεταβολές κατά την παρασκευή του, όπως διάσπαση του πήγματός του για την παρασκευή αναμεμιγμένου γιαουρτιού, με συνέπεια να δημιουργούνται μικρότερα ιξώδη ή ακόμη κι εμφάνιση ορού γάλακτος. Για αυτό, αξίζει να αναφερθεί πως οι σταθεροποιητές μπορούν να αντιμετωπίσουν και να βελτιώσουν τα ελαττώματα αυτά, αφού η λειτουργία τους συνίσταται στη δέσμευση του νερού και στην αύξηση του ιξώδους.

Μία ταξινόμηση που μπορεί να γίνει στους σταθεροποιητές είναι:

- α) φυσικά κόμμεα, που βρίσκονται στη φύση
- β) τροποποιημένα φυσικά ή μερικώς συντιθέμενα κόμμεα, τα οποία είναι φυσικά κόμμεα που έχουν υποστεί χημική τροποποίηση
- γ) συνθετικά κόμμεα, τα οποία παρασκευάζονται εξ' ολοκλήρου με χημική σύνθεση

Η δράση των σταθεροποιητών, καθώς και η επιλογή τους για το γάλα που προορίζεται για την παρασκευή γιαουρτιού, επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες :

- Ιδανικές συγκεντρώσεις : Η βέλτιστη συγκέντρωση του σταθεροποιητή για να χρησιμοποιηθεί στο γιαούρτι εξαρτάται από τις παρενέργειες που συνεπάγονται από τη χρήση τους, όπως η δυσάρεστη γεύση, καθώς η ποσότητα του σταθεροποιητή που χρειάζεται για το κάθε μίγμα γάλακτος εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε στερεά.
- Τοξικές ή ανασταλτικές επιδράσεις : Μερικοί σταθεροποιητές είναι πιθανό να θεωρηθούν ως τοξικοί για τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στις διεργασίες επεξεργασίας τροφίμων, παρά το γεγονός του ότι δεν έχει αποδειχθεί κάτι για τα γαλακτικά βακτήρια, με αποτέλεσμα η δράση κάποιων εξ αυτών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την επιλογή του πλέον κατάλληλου.
- Ικανότητα διάλυσης : Για να μπορούν να δράσουν οι σταθεροποιητές πρέπει να βρεθούν στην κατάλληλη θερμοκρασία. Στην περίπτωση του γάλακτος, οι σταθεροποιητές προστίθενται στο θερμό γάλα πριν από την παστερίωση, ή μετά από τη θερμική επεξεργασία. Στην περίπτωση του μίγματος σταθεροποιητών, ο κάθε σταθεροποιητής ξεχωριστά ενεργοποιείται, όταν βρεθεί στην κατάλληλη θερμοκρασία. Η πλειοψηφία των σταθεροποιητών είναι διαλυτοί σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Με την παρουσία των κόμμεων, είναι δυνατή η αστάθεια των μικηλλίων της καζεΐνης, με αποτέλεσμα να οδηγήσουν σε πήγμα αφού θα έχει επηρεαστεί η δυνατότητα συγκράτησης του νερού. Ακόμα, πιθανό είναι η ασταθής καζεΐνη να σχηματίσει πήγμα με την επιθυμητή υφή και για το λόγο αυτό γίνεται η χρήση σταθεροποιητών.

- Όσον αφορά τις συνθήκες επεξεργασίας, ανάλογα με το είδος του τελικού προϊόντος που θα παραχθεί, το γιαούρτι υφίσταται και περαιτέρω επεξεργασία μετά την πήξη. Η προσθήκη συγκεκριμένων σταθεροποιητών μπορεί να βελτιώσει ποιοτικά το τελικό προϊόν ή ακόμη και να είναι απαραίτητη για να γίνει το προϊόν κατάλληλο.
- Η πλειοψηφία των σταθεροποιητών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του γιαουρτιού στερεοποιούνται στη θερμοκρασία ψύξης, με εξαίρεση την ζελατίνη και το άγαρ που σταθεροποιούνται στους 25°C και 42-45°C, αντίστοιχα.
- Οι σταθεροποιητές που προστίθενται στο πήγμα μετά την επώαση πρέπει να είναι απαλλαγμένοι από αλλοιογόνους και παθογόνους μικροοργανισμούς, παρ' όλο που η θερμοκρασία που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του γάλακτος (85°C ή 90 - 95°C) είναι αρκετά υψηλή, ώστε να εξαλείψει τους περισσότερους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο σταθεροποιητή.

Τέλος, αξίζει να αναφερθούν τα δύο πιο βασικά κόμμεα, όπως είναι η ξανθάνη και η καραγεννάνη. Το κόμμι της ξανθάνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει την υφή, να αυξήσει τη σταθερότητα και να αποτρέψει τη συναίρεση του γιαουρτιού (αποβολή του υγρού μέσου διασποράς από μια διογκωμένη πηκτή ως αποτέλεσμα της μεταβολής ορισμένων φυσικών συνθηκών, όπως είναι ο αποχωρισμός του υγρού μέρους του γάλακτος κατά την επεξεργασία). Το κόμμι ξανθάνη είναι ένας πολυσακχαρίτης με την κύρια δομή της να αποτελείται από επαναλαμβανόμενες μονάδες πεντασακχαρίτη ο οποίος σχηματίζεται από δύο μονάδες γλυκόζης, δύο μονάδες μαννόζης και μία μονάδα γλυκουρουρικού οξέος, καθώς η κύρια αλυσίδα αποτελείται από μονάδες β-D-γλυκόζης. Τα υδατικά διαλύματα της ξανθάνης επηρεάζονται από τη θερμοκρασία στην οποία διαλύθηκαν και την παρουσία άλλων πολυμερών αυτής. Σε μέτριες θερμοκρασίες διάλυσης η ξανθάνη μπορεί να δημιουργεί μεγάλο ιξώδες, όπως επίσης μπορεί να δράσει συνεργιστικά με άλλα κόμμεα, όπως το κόμμι γκουάρ, με σκοπό την αύξηση του ιξώδους.

Ακόμα, η καραγεννάνη, σε συνδυασμό με άλλα κόμμεα, μπορεί να αυξήσει το ιξώδες του πηγματος και να δεσμεύσει νερό. Οι καραγεννάνες αποτελούν υδατοδιαλυτούς πολυσακχαρίτες και η βασική τους δομή είναι ένας γραμμικός πολυσακχαρίτης ο οποίος αποτελείται από θεικούς ή διθεικούς εστέρες της γαλακτόζης. Ανάλογα με τον αριθμό των θεικών ομάδων που βρίσκονται στους δισακχαρίτες, κατατάσσονται σε κ-, ι- και λ- καραγεννάνη. Η κ- καραγεννάνη σχηματίζει ισχυρά πήγματα όταν προστεθεί στο γάλα, σε αρκετά μικρές συγκεντρώσεις. Αυτό οφείλεται στην ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση των αρνητικά φορτισμένων καζεϊνών με τις θετικά φορτισμένες θεικές ομάδες που βρίσκονται σε αυτήν.

Προσθήκη γλυκαντικών

Οι γλυκαντικές ενώσεις προστίθενται κατά την παραγωγή γιαουρτιών με φρούτα ή επιδόρπιων γιαουρτιού και σε μερικές περιπτώσεις για την παραγωγή «γλυκού» φυσικού γιαουρτιού. Ο κύριος στόχος της προσθήκης γλυκαντικών στο γιαούρτι είναι

να περιορίσουν την όξινη γεύση του και η χρήση τους επηρεάζεται από το είδος της γλυκαντικής ένωσης, την αποδοχή των καταναλωτών, το είδος του φρούτου που θα χρησιμοποιηθεί και τη νομοθεσία. Ακόμα, έχει διαπιστωθεί ότι ο *S.thermophilus* είναι πιο ανθεκτικός στην παρουσία γλυκαντικού σε σχέση με τον *L.bulgaricus*.

Τα κυριότερα γλυκαντικά που χρησιμοποιούνται σε μία βιομηχανία γιαουρτιού είναι τα εξής:

- Σακχαρόζη (σουκρόζη): Η σακχαρόζη ($C_{12}H_{22}O_{11}$), αναφέρεται γενικά και ως ζάχαρη και χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανική κλίμακα ως γλυκαντικό. Προστίθεται στο γάλα κι έπειτα με ανάδευση, διαλύεται πλήρως σε αυτό.
- Φρουκτόζη: Η φρουκτόζη ($C_6H_{12}O_6$) έχει παρατηρηθεί πως έχει πιο γλυκιά γεύση από ότι η σακχαρόζη και η γλυκόζη, καθώς προέρχεται από τη μετατροπή του αμύλου. Είναι μία οργανική ένωση που ανήκει στην ομάδα των υδατανθράκων γνωστών και ως μονοσακχαρίτες και πρόκειται για ένα φυσικό σάκχαρο που συναντάται στα φρούτα.
- Ιμβερτοζάχαρο Είναι ένα μίγμα γλυκόζης και φρουκτόζης, που λαμβάνεται από το διαχωρισμό του δισακχαρίτη σακχαρόζη σε αυτά τα δύο συστατικά. Σε σύγκριση με τη σακχαρόζη, το ιμβερτοζάχαρο είναι για κάποιους πιο γλυκό και τα προϊόντα της έχουν την τάση να διατηρούν την υγρασία και να είναι λιγότερο επιρρεπή στην κρυστάλλωση. Το ιμβερτοζάχαρο, επομένως, προτιμάται από τους αρτοποιούς, οι οποίοι το αναφέρουν κι ως ιμβερτοποιημένο σιρόπι.
- Γλυκόζη: Η γλυκόζη είναι ένας απλός μονοσακχαρίτης που βρίσκεται στα φυτά και παράγεται από την υδρόλυση του αμύλου του καλαμποκιού, καθώς μία άλλη έννοια που χρησιμοποιείται στη θέση της, είναι η δεξτρόζη.
- Γαλακτόζη: Θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ένα σιρόπι γλυκόζης, αφού για τη χρήση της πρέπει πρώτα να υδρολυθεί η λακτόζη προς γλυκόζη και γαλακτόζη, γεγονός που επιτυγχάνεται όπως έχουμε αναφερθεί με τη χρήση κατάλληλων ενζύμων.

Ομογενοποίηση

Γενικά, με την ομογενοποίηση επιδιώκεται η διατήρηση της ομοιομορφίας του προϊόντος και με τη διαδικασία αυτή, προκαλείται κυρίως θραύση των λιποσφαιρίων που οδηγεί στο σχηματισμό μικρότερων. Με τον τρόπο αυτό, παρεμποδίζεται η τάση των λιποσφαιρίων να ανέρχονται προς τα επάνω και να σχηματίζουν συσσωματώματα.

Με τη θραύση των λιποσφαιρίων, καταστρέφεται η φυσική μεμβράνη και αυξάνεται η επιφάνεια των λιποσφαιρίων που είναι εκτεθειμένη στις λιπάσες καθώς για το λόγο αυτό, το γάλα θα πρέπει να ομογενοποιείται σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Εκτός από την επίδραση στο λίπος, η ομογενοποίηση, ιδιαίτερα με τη χρήση υψηλής πίεσης,

επιδρά και στη δομή των μικηλλίων της καζεΐνης. Το μέγεθος των μικηλλίων ελαττώνεται, με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα υδρόφιλα χαρακτηριστικά του πηγματος. Η επιλογή των συνθηκών ομογενοποίησης του γάλακτος για την παρασκευή γιαουρτιού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες:

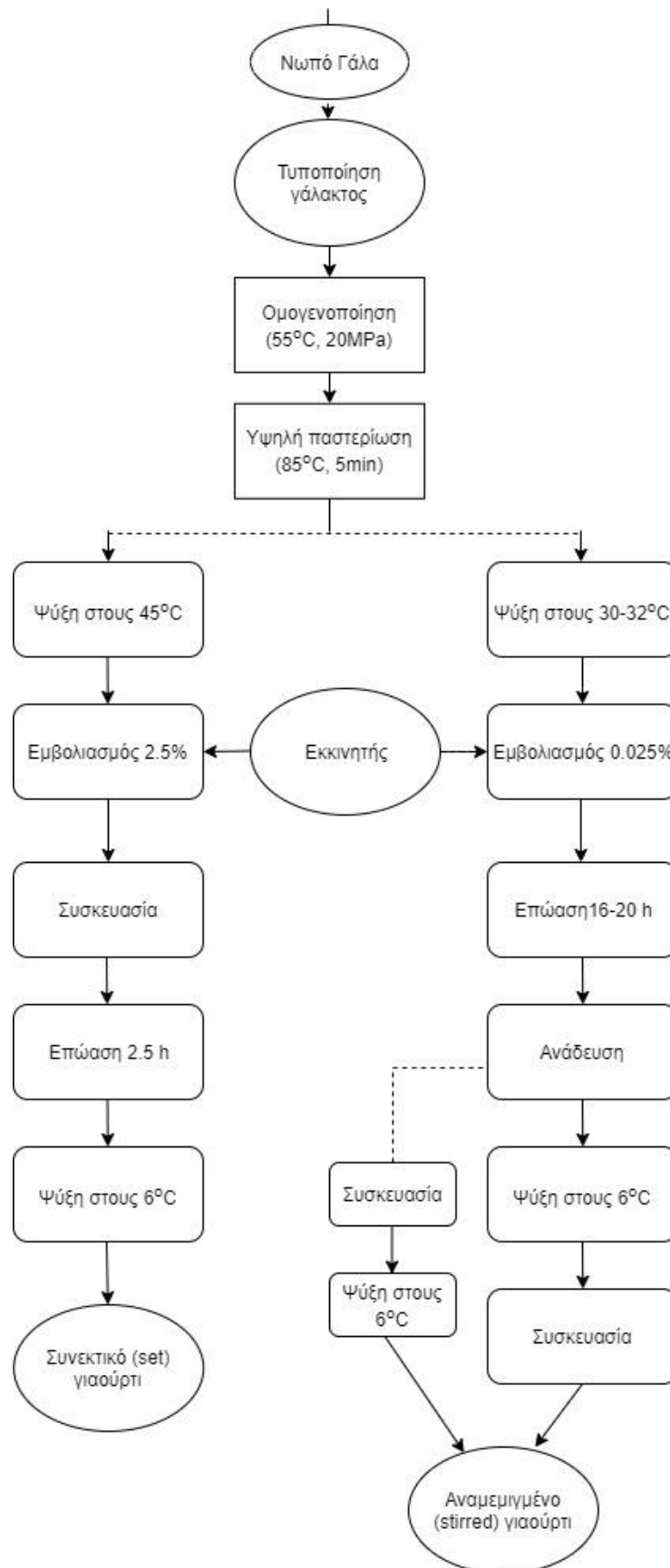
- Όταν το γάλα περιέχει χαμηλή συγκέντρωση ολικών στερεών (<12%), τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί πιο αυξημένη πίεση για τη βελτίωση του ιξώδους, της συνεκτικότητας του πηγματος και τη μείωση του βαθμού συναίρεσης για την αποφυγή διαχωρισμού του ορού.
- Όσο αυξάνονται τα ολικά στερεά (>14%), η πίεση ελαττώνεται, διότι η αύξηση αυτών διασφαλίζει ικανοποιητικό ιξώδες, συνεκτικότητα και σταθερότητα σε ότι αφορά την απελευθέρωση του ορού.
- Όταν επιδιώκεται αυξημένο ιξώδες, όπως και στο αναμεμιγμένο (stirred) γιαούρτι, η ομογενοποίηση γίνεται μετά τη θερμική επεξεργασία.
- Διάφοροι συνδυασμοί θέρμανσης και πίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν:
 1. 8 - 10 MPa, 40 - 50°C
 2. 15 - 22 MPa, 55 - 65°C
 3. 30 MPa, 90°C

Συνεπώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι στο γάλα με αυξημένα ολικά στερεά, με την ομογενοποίηση επιδιώκεται κυρίως η παρεμπόδιση διαχωρισμού του λίπους. Η ομογενοποίηση του γάλακτος εξασφαλίζει αρκετά πλεονεκτήματα, όπου τα βασικότερα από αυτά αναφέρονται παρακάτω :

- Αυξάνει το ιξώδες του γιαουρτιού, λόγω της μείωσης του μεγέθους των λιποσφαιριδίων και της μεγαλύτερης προσρόφησή τους από τα μικήλλια των καζεϊνών, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ενεργού όγκου των αιωρούμενων σωματιδίων.
- Το πήγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα στο φαινόμενο διαχωρισμού του ορού
- Το χρώμα του γιαουρτιού γίνεται λευκότερο και λαμπερότερο, επειδή τα μικρότερα λιποσφαίρια διαχέουν καλύτερα το φως.
- Αυξάνονται τα φωσφολιπίδια στο αποβουτυρωμένο γάλα.
- Αυξάνεται το φαινόμενο της λιπόλυσης λόγω της αύξησης της ενεργούς επιφάνειας των λιποσφαιριδίων, που είναι διαθέσιμη για να δράσουν οι λιπάσες.
- Ενισχύεται η ομοιόμορφη ανάμιξη του μίγματος, ειδικά όταν το γάλα είναι εμπλουτισμένο.

- Βελτιώνονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, κάνοντας τη γεύση πιο ολοκληρωμένη και κρεμώδη, λόγω των μεταβολών που έχουν επέλθει στα λιποσφαίρια και στις πρωτεΐνες

Σχήμα 1: Διάγραμμα ροής παραγωγής συνεκτικού (set) και αναμεμιγμένου (stirred) γιαουρτιού



Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος, έχει ως σκοπό τη θανάτωση των παθογόνων και ανεπιθύμητων μικροοργανισμών, την παραγωγή διεγερτικών ή ανασταλτικών παραγόντων για την καλλιέργεια εκκίνησης και τη μεταβολή των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του γάλακτος που σχετίζονται με την παραγωγή του γιαουρτιού.

Το γάλα για την παρασκευή των ζυμωμένων ειδών γάλακτος και ιδιαίτερα για το γιαούρτι, υφίσταται μεγαλύτερη θερμική επεξεργασία - 95°C για 5 min ή 80 - 85°C για 20 - 30 min- της παστερίωσης (72°C , 15 s).

Η αυξημένη ένταση της θερμικής επεξεργασίας στο γάλα γίνεται όχι τόσο για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, αλλά και για την αξιοποίηση των μεταβολών που υφίστανται οι πρωτεΐνες του ορού και κυρίως η β-γαλακτογλοβουλίνη, η οποία αντιδρά με την κ-καζεΐνη και συνδέεται με τα μικήλλια. Η β-γαλακτογλοβουλίνη, όπως έχει προαναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, με τη θερμική επεξεργασία καθιζάνει μαζί με τις καζεΐνες κατά το πήξιμο που θα ακολουθήσει με την προσθήκη καλλιέργειας.

Ακόμα, με τη θερμική επεξεργασία των 95°C για 5 min, φαίνεται ότι μετουσιώνεται το 75 - 95% των πρωτεϊνών του ορού. Αντιθέτως, όταν χρησιμοποιείται UHT θερμική επεξεργασία (140 - 150°C για 2-4 s) το ποσοστό των πρωτεϊνών του ορού που μετουσιώνεται είναι μικρότερο, με αποτέλεσμα να λαμβάνεται τελικό προϊόν με μικρότερη συνεκτικότητα και ιξώδες. Όταν για την παρασκευή γιαουρτιού χρησιμοποιείται γάλα με υψηλή περιεκτικότητα ολικών στερεών (14 - 20%), μπορεί να γίνει χρήση λιγότερο έντονης θερμικής επεξεργασίας (85°C για 5 min), διότι με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται καλή συνεκτικότητα και με μικρότερο ποσοστό μετουσίωσης πρωτεΐνης ορού.

Εκτός από τη βελτίωση της δομής του πηγματος του γιαουρτιού, με τη θερμική επεξεργασία επιτυγχάνονται και άλλες ευνοϊκές επιδράσεις όπως οι εξής:

- Καταστρέφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, γεγονός σημαντικό για την ασφάλεια του προϊόντος.
- Μειώνεται ο συνολικός πληθυσμός των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα τη διασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειας ζωής του γιαουρτιού, αλλά και τη διευκόλυνση της ανάπτυξης της καλλιέργειας, λόγω της απουσίας ανταγωνιστικών μικροοργανισμών.
- Καταστρέφονται ορισμένοι ανασταλτικοί παράγοντες (αντιμικροβιακές ουσίες κ.α.), που παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των καλλιεργείων.
- Με τη θερμική επεξεργασία επιτυγχάνεται και έμμεσα η αύξηση του ΣΥΑΛ, λόγω της μερικής συμπίκνωσης του γάλακτος.
- Καταστρέφονται ορισμένα λιπολυτικά και πρωτεολυτικά ένζυμα που επηρεάζουν αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού κατά τη συντήρηση.

Εμβολιασμός με οξυγαλακτική καλλιέργεια

Οι χαρακτηριστικοί μικροοργανισμοί, που προστίθενται στο γάλα ως οξυγαλακτική καλλιέργεια για την παρασκευή του γιαουρτιού είναι ο *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* και ο *Streptococcus thermophilus*. Παλαιότερα, όταν το γάλα έπηζε με φυσικό τρόπο κάτω από όχι απόλυτα ελεγχόμενες συνθήκες σε υψηλές θερμοκρασίες, αναπτύσσονταν διάφορα οξυγαλακτικά βακτήρια. Με την πάροδο των χρόνων, βρέθηκε πως όταν οι δύο αυτοί μικροοργανισμοί επικρατούσαν, το γάλα έπηζε χωρίς προβλήματα και η γεύση του γιαουρτιού ήταν πολύ καλή.

Όταν το γιαούρτι παρασκευάζεται σε οικιακό επίπεδο ή σε μικρές βιομηχανίες, ως καλλιέργεια χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν πιο φρέσκο γιαούρτι (προηγούμενης ημέρας). Το είδος αυτής της καλλιέργειας έχει γίνει γνωστό με τον όρο μαγιά. Σε βιομηχανικό επίπεδο, χρησιμοποιούνται καθαρές εμπορικές καλλιέργειες που παρασκευάζονται από εταιρείες και ειδικά εργαστήρια. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των *S. thermophilus* και *L. bulgaricus* είναι:

- Και οι δύο ζυμώνουν τη λακτόζη και παράγουν γαλακτικό οξύ. Συνήθως προστίθενται συγχρόνως ως καλλιέργεια, λόγω των πλεονεκτημάτων που διασφαλίζονται από την κοινού ανάπτυξή τους (συμβίωση).
- Ο *S. thermophilus* παράγει κυρίως L(+) γαλακτικό οξύ, ενώ ο *L. bulgaricus* D(-). Η μορφή L(+) μεταβολίζεται ευκολότερα από τον ανθρώπινο οργανισμό.
- Ο *S. thermophilus* εμφανίζεται υπό τη μορφή κόκκων, είναι θερμοφίλος, αρκετά ευαίσθητος στα αντιβιοτικά, παράγει μέχρι 0.6 % γαλακτικό οξύ κι έχει μικρή πρωτεολυτική δράση.
- Ο *L. bulgaricus* εμφανίζεται υπό τη μορφή «ραβδίων», είναι θερμοφίλος, σε σχέση με το *S. thermophilus* είναι λιγότερο ευαίσθητος στα αντιβιοτικά, παράγει μεγαλύτερη ποσότητα γαλακτικού οξέος (μέχρι 1.8%) και είναι πιο οξυάντοχος. Επίσης, είναι πιο πρωτεολυτικός και παράγει μεγαλύτερες ποσότητες αρωματικών ουσιών.

Επιπλέον, η ποσότητα της καλλιέργειας με την οποία θα εμβολιασθεί το γάλα εξαρτάται από:

- Τη μορφή της καλλιέργειας, υγρή ή συμπυκνωμένη
- Τη θερμοκρασία και τη διάρκεια της επώασης
- Τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και τις ιδιότητες των στελεχών που χρησιμοποιούνται
- Το είδος του γιαουρτιού (συμπαγές, αναμεμιγμένο, με φρούτα κ.α.).

Με τον όρο συμβίωση εννοείται το φαινόμενο κατά το οποίο υπάρχει μία αμοιβαία σχέση ανάπτυξης μεταξύ των δύο μικροοργανισμών, δηλαδή ο καθένας να βοηθά τον άλλο στην ανάπτυξή του.

Τέλος, ο εμβολιασμός με μικρό ποσοστό καλλιέργειας έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της πήξης και το σχηματισμό μαλακού πήγματος, καθώς επίσης

συνιστάται για την παρασκευή γιαουρτιού με φρούτα, αφού δεν επιδιώκεται μεγάλη οξύτητα. Από την άλλη, όταν χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες καλλιέργειας αναπτύσσεται η οξύτητα σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα, το γάλα πήζει γρηγορότερα, όμως το πήγμα γίνεται σκληρό με τάση διαχωρισμού του ορού, ώστε να έχει ξινή γεύση και έλλειψη του χαρακτηριστικού αρώματος του γιαουρτιού.

Επώαση του γάλακτος

Για να βρεθούν και οι δύο προαναφερθέντες μικροοργανισμοί κοντά στην άριστη περιοχή ανάπτυξης, η πιο συνήθης θερμοκρασία επώασης που χρησιμοποιείται για το πήξιμο είναι των 42-43°C για 2,5 με 3 h. Η διακοπή της επώασης και η έναρξη της ψύξης πρέπει να γίνεται όταν το pH κυμαίνεται μεταξύ 4,6 και 4,8. Ένας άλλος τρόπος επώασης είναι να εμβολιασθεί το γάλα σε θερμοκρασία 42-43°C με την καλλιέργεια και στη συνέχεια να επιτραπεί η σταδιακή του ψύξη μέχρι τους 35°C. Με τη μεταχείριση αυτή η διάρκεια της επώασης επιμηκύνεται, οδηγώντας σε μία πιο ομαλή πτώση του pH, γεγονός που διασφαλίζει το σχηματισμό πήγματος, αποκτώντας μετά από ανάδευση μία καλύτερη δομή. Παράλληλα ο κίνδυνος μεταοξίνισης (ανεπιθύμητη αύξηση της οξύτητας) ελαττώνεται.

Ακόμα, ένας άλλος τρόπος επώασης που συνηθίζεται στην παρασκευή του αναμεμιγμένου γιαουρτιού, είναι η χρησιμοποίηση σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών (30-37°C για 7-8 h). Κάτω υπό αυτές τις συνθήκες οι μικροοργανισμοί του γιαουρτιού και ιδιαίτερα ορισμένα στελέχη που έχουν επιλεγεί ειδικά για το σκοπό αυτό, παράγουν πολυσακχαρίτες που διευκολύνουν την ανάδευση και συγχρόνως επιτυγχάνεται η παρασκευή γιαουρτιού με αυξημένο ιξώδες.

Επιπλέον, η γεύση του γιαουρτιού οφείλεται κυρίως στο γαλακτικό οξύ που σχηματίζεται από την ζύμωση της λακτόζης. Η όξινη όμως αυτή γεύση συμπληρώνεται και γίνεται ευχάριστη με το σχηματισμό διαφόρων αρωματικών ουσιών και κυρίως της ακεταλδεϋδης, που έχει συνδεθεί με το χαρακτηριστικό άρωμα του γιαουρτιού. Για το σχηματισμό ακεταλδεϋδης, άξιο αναφοράς είναι ότι ο *L. bulgaricus* είναι κυρίως ο υπεύθυνος μικροοργανισμός και ότι σε υψηλότερες θερμοκρασίες επώασης (42-45°C) παράγεται περισσότερη ποσότητα αυτής. Από πλευράς της οξύτητας, οι ιδανικές συνθήκες για το σχηματισμό αρωματικών ενώσεων είναι το εύρος 4 - 4,4 για το pH, αλλά όταν είναι μικρότερο του 4,2, η όξινη γεύση είναι έντονη και ανεπιθύμητη για τους περισσότερους καταναλωτές.

Ψύξη

Η ψύξη, αποτελεί το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του γάλακτος για την παρασκευή του γιαουρτιού. Συγκεκριμένα, ξεκινά με τη διακοπή της επώασης, όταν έχει επιτευχθεί η επιθυμητή οξύτητα, ανάλογα με το είδος του γιαουρτιού (pH = 4.7 για συνεκτικό και σε pH = 5 για αναμεμιγμένο και με φρούτα γιαούρτι). Η ψύξη γίνεται σταδιακά, στους επωαστικούς θαλάμους με φυσικό αερισμό ή παροχή ψυχρού αέρα μεγάλης ταχύτητας για το συνεκτικό γιαούρτι σε κεσεδάκια, χωρίς να μετακινηθεί ή σε δεξαμενές πήξης με ανάδευση του πήγματος για την αναμεμιγμένη, καθώς στη συνέχεια η ψύξη ολοκληρώνεται με τη μεταφορά σε ψυγεία.

Η διαδικασία αυτή είναι μία αρκετά βασική, διότι επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες του προϊόντος. Στην ουσία, με την ψύξη επιδιώκεται η αναστολή της βιολογικής

δράσης των μικροοργανισμών καθώς επίσης ο ρυθμός με τον οποίο γίνεται η πτώση της θερμοκρασίας επηρεάζει και την τελική οξύτητα, αφού η πτώση του pH συνεχίζεται και μετά τη διακοπή της επώασης κατά την αποθήκευση. Επίσης, η ψύξη δεν πρέπει να καθυστερεί ούτε και να γίνεται απότομα, γιατί θα δημιουργηθεί συστολή του πήγματος και απελευθέρωση του ορού, γεγονός ανεπιθύμητο.

Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την έναρξη της ψύξης και όταν η θερμοκρασία προσεγγίζει του 35°C, αρχίζει η παρεμπόδιση του *L. bulgaricus*, υπεύθυνος και για την παραγωγή γαλακτικού οξέος. Στο αναμεμιγμένο γιαούρτι που η πήξη λαμβάνει μέρος σε δεξαμενές, η ανάδευση πρέπει να αρχίσει μόνο όταν το pH πλησιάσει το ισοηλεκτρικό σημείο. Τέλος, πρέπει να αποφεύγεται η μετακίνηση του γιαουρτιού που είναι σε κεσεδάκια από τον επωαστικό θάλαμο πριν σταθεροποιηθεί το πήγμα με την ψύξη, επειδή μπορεί να οδηγήσει σε υγρή κατάσταση του πήγματος και στην απελευθέρωση ορού.

Προσθήκη φρούτων και αρωματικών

Τα προϊόντα του γιαουρτιού με κομμάτια φρούτων είναι στις μέρες μας ευρέως διαδεδομένα και διαθέσιμα στο εμπόριο. Η προσθήκη φρούτων γίνεται κυρίως μετά το τέλος της ζύμωσης ή μετά την επώαση καθώς διευκολύνεται η ανάμιξη των συστατικών. Τα φρούτα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι φρέσκα ή κονσερβοποιημένα. Τα φρέσκα φρούτα λόγω της μη διαθεσιμότητάς τους δεν προτιμώνται στις μεγάλες βιομηχανίες. Αντίθετα, είναι ευρέως διαδεδομένη η χρήση κονσερβοποιημένων φρούτων τα οποία μπορεί να περιέχουν ζάχαρη, συντηρητικά, χρωστικές ή σταθεροποιητές που βελτιώνουν το ιξώδες του τελικού προϊόντος.

Η προσθήκη των φρούτων κατά την παραγωγική διαδικασία του γιαουρτιού γίνεται χειροκίνητα, ημι-αυτόματα ή πλήρως αυτόματα. Σε μεγάλης κλίμακας παραγωγή το γιαούρτι και τα φρούτα αναμιγνύονται είτε σε μία δεξαμενή ανάμιξης σε συνδυασμό με ένα δυναμικό αναδευτήρα ή κατά τη γραμμή πλήρωσης σε συνδυασμό με ένα στατικό αναμίκτη, όπου το γιαούρτι και τα φρούτα αντλούνται από δύο ξεχωριστές δεξαμενές.

Η θερμική επεξεργασία που υπόκεινται τα φρούτα έχει ως συνέπεια τη μείωση των χαρακτηριστικών της γεύσης και της οσμής τους. Συνεπώς, η προσθήκη των αρωματικών μπορεί να εξισορροπήσει αυτή την απώλεια και να προκύψει ένα νόστιμο προϊόν. Τα αρωματικά που προστίθενται μπορεί να είναι φυσικής προέλευσης ή συνθετικές ουσίες.

Συσκευασία

Συσκευασία, ονομάζεται κάθε προϊόν, κατασκευασμένο από οποιοδήποτε είδος υλικού από πρώτες ύλες μέχρι επεξεργασμένα υλικά και προοριζόμενο να χρησιμοποιείται για να περιέχει αγαθά με σκοπό την προστασία, διακίνηση, τη διάθεση και την παρουσίασή τους από τον παραγωγό μέχρι το χρήστη ή τον καταναλωτή. Ως συσκευασίες θεωρούνται όλα τα είδη μίας ή πολλαπλής χρήσης που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό.

Συγκεκριμένα, τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στη συσκευασία του γιαουρτιού πρέπει να προστατεύουν το προϊόν από την αφυδάτωση, τις επιμολύνσεις, την

απώλεια του αρώματος ή την απόκτηση οσμών από το περιβάλλον. Ακόμα, πρέπει να μην αντιδρούν με τα συστατικά του γιαουρτιού, να είναι ανθεκτικά στα οργανικά οξέα και να διατηρούν ορισμένο σχήμα. Τα πιο διαδεδομένα πολυμερή για τη συσκευασία του γιαουρτιού είναι το πολυαιθυλένιο (PE), το πολυπροπυλένιο (PP), το πολυστυρένιο (PS) και το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), όλα με ειδικές προδιαγραφές σκληρότητας, ανθεκτικότητας και διαπερατότητας.

Η χρήση των συσκευασιών από πολυστρωματικά φιλμ πολυμερών είναι επίσης κοινή και έχει μελετηθεί εκτενέστερα η αντοχή εφελκυσμού τους, η αντοχή της θερμικής σφράγισης, η διαπερατότητα του οξυγόνου, το όριο διαπερατότητας των υδρατμών καθώς και η διάχυση των αρωματικών συστατικών. Για το λόγο αυτό τα υλικά συσκευασίας που επιλέγονται για τέτοιου τύπου διεργασίες, πρέπει να είναι σε θέση να αντέχουν κατά την επιβολή της πίεσης, 15% αύξηση του όγκου και ακόλουθη επαναφορά στην αρχική τους κατάσταση, χωρίς να χάνουν τις φυσικές τους ιδιότητες ή να καταπονείται η σφράγιση της συσκευασίας. Επίσης, απαραίτητη είναι η ελάττωση του κενού χώρου στη συσκευασία, επειδή με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η απόδοση μεταφοράς της πίεσης στο τρόφιμο, ελέγχονται καλύτερα οι καταπονήσεις στην συσκευασία και μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για την επίτευξη της απαιτούμενης πίεσης.

Βιβλιογραφία 2^{ου} Κεφαλαίου

Abdel - Rahman M., Sanchez A. Mehta B.M., *Microstructure of Dairy Products*, Wiley Blackwell, 2018

A.M. Grumezescu, Alina Holban, *Milk – Based Beverages: Volume 9: The Science of Beverages*, 2019

A.M. Grumezescu, *Food Packaging, Nanotechnology in the Agri-Food Industry*, Volume 7, Elsevier Inc, 2017

Bylund G., *Dairy processing handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB, 1995

Edgar Spreer, *Milk and Dairy Product Technology*, 1998

FAO/WHO (2011). *Codex Alimentarius: Milk and Milk Products*, 2nd Ed., Rome

Megh R. Goyal, Sabrota Hati, *Engineering Practices for Milk Products: Dairyceuticals, Novel Technologies and Quality*, 2020

M.W. Elwell, D.M.Barbano, *Journal of Dairy Science*, Volume 89, pg. E20-E30, 2006

Nagendra P. Shah, *Yogurt in Health and Disease Prevention*, Elsevier Inc., 2017

Naik L., Sharma, R., Rajput Y. S., Manju G. (2013). Application of High Pressure Processing Technology for Dairy Food Preservation - Future Perspective: A Review. Journal of Animal Production Advances, 3, 232-242

Samuel Abayneh, Set Yogurt Productions Process, Debre Berhan University, Institute of Technology Food Engineering Department, 2019

Sfakianakis, P., Tzia, C., Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. Foods, 2014

Tamime, A.Y., & Robinson, R.K., Yoghurt: Science & Technology, Third Edition, CRC Press, UK., 2007

Tamine, A.Y., Robinson, R.K., Yogurt Science and Technology, 2nd edition, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 1999

Walstra P., Geurts T.J., Jelema A., Noomen A., Dairy Technology, Principles of Milk, Properties and Processes, Marcel Dekker Inc. U.S.A., 1999

Walstra P., Wouters J. T. M., Geurts T.J., Dairy Science and Technology Second Edition, 2006

Y. H. Hui, Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology, Science Technology System West Sacramento, California, 2004

Μάντης Αντ., Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του, Γ έκδοση. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, 2000

Ταραντίλη Π., «Μηχανική Πολυμερών», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2006

Τζιά Κων/να, «Σχεδιασμός και Λειτουργία Βιομηχανίας Τροφίμων», Αθήνα 2010

Κεφάλαιο 3: Σύσταση και θρεπτική αξία γιαουρτιού

3.1 Σύσταση του γιαουρτιού

Για την παραγωγή του γιαουρτιού σε βιομηχανική κλίμακα, προτιμάται συνήθως το αγελαδινό γάλα. Τα κυριότερα συστατικά του γιαουρτιού, είναι τα λιπαρά, οι πρωτεΐνες, τα σάκχαρα και τα ανόργανα άλατα. Για την παραγωγή του μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι τρεις τύποι γάλακτος ως προς την περιεκτικότητα σε λιπαρά: πλήρες (3.6% λιπαρά), ημιαποβουτυρωμένο (1.5% λιπαρά) και πλήρως αποβουτυρωμένο (0% λιπαρά). Ο εμπλουτισμός του μπορεί να γίνει όχι μόνο με τα κύρια συστατικά του, αλλά και με πρόσθετα όπως με άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα (σκόνη ορού γάλακτος), γλυκαντικά, σταθεροποιητές ή γευστικά πρόσθετα.

Για την παραγωγή γιαουρτιού, η διαδικασία της ζύμωσης παίζει το σημαντικότερο ρόλο για τη σύσταση του τελικού προϊόντος. Κατά την ζύμωση η λακτόζη μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ, και για αυτό το λόγο μειώνεται και η θερμιδική αξία του γιαουρτιού σε σχέση με το αρχικό γάλα κατά 3 - 4%. Ακόμα, αυξάνεται ο αριθμός των ελεύθερων πεπτιδίων, των αμινοξέων και των λιπαρών οξέων και όπως είναι λογικό, η σύσταση του γιαουρτιού μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 16:

Σύσταση του συνεκτικού (set) και στραγγιστού (strained) γιαουρτιού από πλήρες και αποβουτυρωμένο αγελαδινό γάλα

Συστατικά	Συνεκτικό (set) γιαούρτι	
	Πλήρες (g/L)	Αποβουτυρωμένο (g/L)
Νερό	81.9	84.9
Πρωτεΐνες	5.7	5.1
Λιπαρά	3	0.8
Υδατάνθρακες	7.8	7.8
Ασβέστιο	200 10^{-3}	190 10^{-3}
Φωσφόρος	170 10^{-3}	160 10^{-3}
Νάτριο	80 10^{-3}	83 10^{-3}
Κάλιο	280 10^{-3}	250 10^{-3}
Ψευδάργυρος	0.7 10^{-3}	0.6 10^{-3}

Συστατικά	Στραγγιστό (strained) γιαούρτι	
	Πλήρες (g/L)	Αποβουτυρωμένο (g/L)
Νερό	77	77
Πρωτεΐνες	4.1	6.4
Λιπαρά	9.1	0.4
Υδατάνθρακες	2.9	1.8
Ασβέστιο	150 10 ⁻³	150 10 ⁻³
Φωσφόρος	120 10 ⁻³	130 10 ⁻³
Νάτριο	64 10 ⁻³	64 10 ⁻³
Κάλιο	210 10 ⁻³	200 10 ⁻³
Ψευδάργυρος	0.5 10 ⁻³	0.5 10 ⁻³

Όσον αφορά το γιαούρτι με φρούτα, το ύψος της θρεπτικής αξίας μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το είδος των φρούτων και τους σταθεροποιητές που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Παρακάτω, απεικονίζονται οι τιμές των συστατικών του γιαουρτιού φρούτων σε γάλα χαμηλών λιπαρών.

Συστατικά	Γιαούρτι με φρούτα
	Χαμηλών Λιπαρών (g/L)
Νερό	77
Πρωτεΐνες	4.1
Λιπαρά	0.7
Υδατάνθρακες	17.9
Ασβέστιο	150 10 ⁻³
Φωσφόρος	120 10 ⁻³
Νάτριο	64 10 ⁻³
Κάλιο	210 10 ⁻³
Ψευδάργυρος	0.5 10 ⁻³

Πίνακας 17:

Τυπική χημική σύνθεση γαλακτοκομικών συστατικών που χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό μείγματος γιαουρτιού

Συστατικά	% Ολικά στερεά	% Λίπος	% Πρωτεΐνες	% Λακτόζη	% Τέφρα
Πλήρες γάλα	12.6	3.8	3.2	4.9	0.7
Αποβουτυρωμένο γάλα	9.1	0.1	3.3	5.1	0.7
Κρέμα σαντιγί	42.7	36.8	2.2	3.2	0.5
Άπαχο συμπυκνωμένο γάλα	40.1	0.4	14.4	22.3	3
Σκόνη αποβουτυρωμένου	96.5	0.8	35.9	52.3	8

γάλακτος					
WPC* - 34	96.5	4	34.5	51	7
WPC - 50	96.5	4	50.5	36	6
WPC - 80	96.5	6	80.5	5	5
Πρωτεϊνικό υπερσυμπύκνωμα ορού	96.5	0.5	93	1	2
Ρευστό UF* γάλα	25-30	11-14	10-12	< 5	> 2.5
Ρευστό UF αποβουτυρωμένο γάλα	15-20	< 0.5	10-12	< 5	> 2.5
Ρευστό UF αποβουτυρωμένο γάλα, με υπερδιήθηση	18-20	< 0.5	16-17	< 1	> 1.5

*WPC : Πρωτεϊνικό συμπύκνωμα ορού γάλακτος (Whey Protein Concentrate)

*UF milk: Υπερδιηθημένο γάλα (Ultrafiltered)

3.2 Θρεπτική αξία γιαουρτιού

Γενικά, τα συστατικά που υπάρχουν στο γάλα παραμένουν και στο γιαούρτι, επομένως η θρεπτική αξία του γιαουρτιού είναι σε αρκετά μεγάλο βαθμό ίδια με αυτή του γάλακτος. Είναι σημαντικό όμως να αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, επέρχονται σημαντικές μεταβολές στις ιδιότητες των συστατικών του γάλακτος.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η θρεπτική αξία του γιαουρτιού είναι αρχικά ότι η περιεκτικότητα της λακτόζης λόγω της ζύμωσης, μειώνεται σε ποσοστό μέχρι και 30%, ανάλογα με το βαθμό συμπύκνωσης που μπορεί να υποστεί το γάλα. Η μείωση της λακτόζης σε συνδυασμό και με το σχηματισμό λακτάσης από τους μικροοργανισμούς του γιαουρτιού, έχει βρεθεί ότι βοηθά σημαντικά στην ανακούφιση των ανθρώπων που αντιμετωπίζουν μικρό πρόβλημα ανεπάρκειας της λακτάσης.

Επιπλέον, οι πρωτεΐνες που βρίσκονται στο γιαούρτι και κυρίως οι καζεΐνες έχουν υποστεί ήδη μεταβολές (πήξη), που τις κάνουν πιο αφομοιώσιμες από τον οργανισμό. Σημαντικό ρόλο έχει επίσης και η χαμηλή τιμή του pH του επιταχύνει τη δράση των πεπτικών ενζύμων, όπως της πεψίνης καθώς και η μερική πρωτεόλυση που έχουν υποστεί οι πρωτεΐνες από τα πρωτεολυτικά ένζυμα του γιαουρτιού.

Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι η πρόσληψη του ασβεστίου από τον οργανισμό διευκολύνεται από το χαμηλό pH. Το κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο που βρίσκεται στην καζεΐνη σε όξινο περιβάλλον μεταβάλλεται σε υδατοδιαλυτή μορφή, γεγονός που οδηγεί στην πιο εύκολη απορρόφηση του.

Όσον αφορά τις ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού, μετά από έρευνες ετών, έχουν προκύψει οι επιδράσεις που θα αναφερθούν παρακάτω, βασική προϋπόθεση όμως είναι ότι κατά την κατανάλωση του γιαουρτιού, οι μικροοργανισμοί θα πρέπει να είναι ζωντανοί και άφθονοι.

- Παρεμποδίζεται η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών στο πεπτικό σύστημα
- Ενισχύεται το ανοσοποιητικό σύστημα
- Αποκαθίσταται η ισορροπία της μικροχλωρίδας του εντέρου μετά από χορήγηση αντιβίωσης
- Οι μικροοργανισμοί του γιαουρτιού, έχουν δείξει μελέτες ότι παρουσιάζουν αντικαρκινικές ιδιότητες, επειδή έχει βρεθεί ότι διασπώνται από αυτούς αρκετές τοξικές ουσίες

Αξίζει να αναφερθεί πως ο όρος «προβιοτικά» χρησιμοποιείται για τον ορισμό των ζώντων, μη παθογόνων οργανισμών με ευεργετικές επιδράσεις για την υγεία του ανθρώπου. Από τον FDA (Food and Drug Administration) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), ο ορισμός που προτείνεται είναι «ζωντανοί μικροοργανισμοί, που όταν χορηγούνται σε επαρκείς ποσότητες, προσφέρουν όφελος για την υγεία του ξενιστή».

Τα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να οριστούν ως τα τρόφιμα που μπορούν να επηρεάσουν θετικά μία ή περισσότερες στοχευόμενες λειτουργίες του σώματος, πέρα από την πλήρωση των θρεπτικών αναγκών, έχοντας ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της υγείας του οργανισμού και τη μείωση του κινδύνου μίας ασθένειας. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα και ιδιαίτερα αυτά που περιέχουν προβιοτικά, πρεβιοτικά και συμβιωτικά αποτελούν τα πιο δημοφιλή λειτουργικά τρόφιμα, καθώς έχει βρεθεί πως με την κατανάλωση ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων με οξυγαλακτικά βακτήρια επιφέρουν θετική επίδραση, στην ισορροπία της εντερικής χλωρίδας.

Ακόμα, η κατανάλωση τέτοιων οργανισμών έχει θετική επίδραση στην υγεία του εντέρου, αυξημένη βιοπροσβασιμότητα των λιπιδίων και των πρωτεϊνών, μειωμένη αλλεργία σε τρόφιμα, καθώς και πλεονεκτήματα που προέρχονται από την παραγωγή βιταμινών των ομάδων Β και Κ, λιπαρών οξέων με μικρή αλυσίδα, πολυαμινών, ω-3 ακόρεστων λιπαρών οξέων και βιοενεργών μεταβολιτών. Τα πρεβιοτικά ορίζονται ως οι ουσίες που δεν πέπτονται και οι οποίες έχουν κάποια βιολογική επίδραση στον άνθρωπο μέσω επιλεκτικών ερεθισμάτων αύξησης ή βιοδραστηριοποίησης των ωφέλιμων μικροοργανισμών που βρίσκονται ή εισάγονται στο έντερο.

Ουσίες που έχουν αποδεδειγμένα πρεβιοτική δράση είναι οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες, η ινουλίνη, η λακτουλόζη και οι γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες. Αυτοί

οι ολιγοσακχαρίτες έχουν τη δυνατότητα να διαφοροποιήσουν με ευεργετικό τρόπο την εντερική χλωρίδα καθώς και το δυναμικό να μειώσουν το κίνδυνο του καρκίνου του παχέος εντέρου, να μειώσουν τα συμπτώματα του ευερέθιστου εντέρου, να μεταβάλουν τα τριγλυκερίδια του ορού και τη χοληστερόλη, να βελτιώσουν την απορρόφηση ανόργανων συστατικών από το έντερο και συνεπώς να μειώσουν τον κίνδυνο λοιμωδών ασθενειών του εντέρου, να μειώσουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων, παχυσαρκίας, οστεοπόρωσης και του καρκίνου.

Τα συμβιωτικά, μπορούν να οριστούν ως ένα μίγμα προβιοτικών και πρεβιοτικών που επιδρούν θετικά στον ξενιστή μέσω της εισαγωγής συμπληρωμάτων διατροφής, μικροβιακής προέλευσης με αυξημένες δυνατότητες επιβίωσης, στο έντερο και διαμέσου επιλεκτικών ερεθισμάτων αύξησης ή/και ενεργοποίησης του μεταβολισμού ενός ή περιορισμένου αριθμού μικροβίων που ασκούν ευεργετική στην υγεία δράση, βελτιώνοντας εν τέλει την υγεία του ξενιστή. Επίσης, μετά από έρευνες έχει βρεθεί ότι τα συμβιωτικά αποδίδουν καλύτερα απ' ό,τι τα προβιοτικά ή πρεβιοτικά όσον αφορά το προφίλ των λιπιδίων στο αίμα και την προστασία από τον καρκίνο του παχέος εντέρου. Εφόσον τα περισσότερα προβιοτικά είναι ευαίσθητα στο περιβάλλον του τροφίμου όπως η οξύτητα και το διαλυμένο οξυγόνο, προϊόντα με μικρή διάρκεια ζωής όπως το γιαούρτι είναι τα πιο διαδεδομένα λειτουργικά τρόφιμα της αγοράς.

Επιπλέον, θετικές στην υγεία επιπτώσεις των προβιοτικών προέρχονται από συγκεκριμένα στελέχη και δεν μπορούν να αποδοθούν γενικά σε κάποιο είδος ή γένος μικροοργανισμού. Μία άλλη θετική επίδραση του γιαουρτιού στον οργανισμό είναι η απελευθέρωση βιοδραστικών πεπτιδίων. Οι πρωτεΐνες, εκτός από τη θρεπτική τους αξία, έχουν βιολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες που είναι σημαντικές για την ανθρώπινη υγεία. Έρευνες έχουν δείξει πως η καζεΐνη και οι πρωτεΐνες του ορού, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές πηγές βιοδραστικών πεπτιδίων.

Τέλος, τα βιοδραστικά πεπτίδια μπορούν να οριστούν ως συστατικά που προέρχονται από τρόφιμα και τα οποία εκτός από τη θρεπτική τους αξία, επιδρούν σε επίπεδο φυσιολογίας στο ανθρώπινο σώμα. Τα βιοδραστικά πεπτίδια συνήθως περιέχουν 3 με 20 υπολείμματα αμινοξέων ανά μόριο και έχει βρεθεί ότι ασκούν στοχευμένη δράση όπως αντιυπερτασική, αντιοξειδωτική, αντιμικροβιακή και ανοσοτροποποιητική δράση. Ορισμένα βιοδραστικά πεπτίδια που προέρχονται από το γάλα παρουσιάζουν μία συνδυαστική δράση, καθώς λόγω της φυσικοχημικής τους προσαρμοστικότητας, θεωρούνται σημαντικά συστατικά των λειτουργικών τροφίμων που βοηθούν την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.

Πίνακας 18:

Τα θρεπτικά συστατικά για πλήρες και χαμηλών λιπαρών γιαούρτι, ανά 100 g προϊόντος. Προσαρμογή από USDA National Nutrient Database for Standard Reference

		<i>Γιαούρτι χαμηλών λιπαρών</i>	<i>Πλήρες γιαούρτι</i>
Ουσία	Μονάδα	Τιμή ανά 100g προϊόντος	Τιμή ανά 100g προϊόντος
Βασικά χαρακτηριστικά			
Νερό	g	85.07	87.9
Ενέργεια	kcal	63	61
Πρωτεΐνη	g	5.25	3.47
Ολικό λίπος	g	1.55	3.25
Τέφρα	g	1.09	0.72
Υδατάνθρακες	g	7.04	4.66
Ίνες	g	0	0
Ολικά σάκχαρα	g	7.04	4.66
Ανόργανα συστατικά			
Ασβέστιο, Ca	mg	183	121
Σίδηρος, Fe	mg	0.08	0.05
Μαγνήσιο, Mg	mg	17	12
Φωσφόρος, P	mg	144	95
Κάλιο, K	mg	234	155
Νάτριο, Na	mg	70	46
Ψευδάργυρος, Zn	mg	0.89	0.59
Χαλκός, Cu	mg	0.013	0.009
Μαγγάνιο, Mn	mg	0.004	0.004
Φθόριο, F	mcg	12	12
Σελήνιο, Se	mcg	3.3	2.2
Βιταμίνες			
Βιταμίνη C	mg	0.8	0.5
Θειαμίνη	mg	0.044	0.029
Ριβοφλαβίνη	mg	0.214	0.142
Νιασίνη	mg	0.114	0.075
Παντοθενικό οξύ	mg	0.591	0.389
Βιταμίνη B6	mg	0.049	0.032
Φολικό οξύ	mcg	11	7
Χολίνη	mg	15.2	15.2
Βεταΐνη	mg	0.9	0
Βιταμίνη B12	mcg	0.56	0.37
Ρετινόλη	mcg	14	27
Καροτίνη β	mcg	2	5
Καροτίνη α	mcg	0	0
Κρυπτοξανθίνη β	mcg	0	0
Βιταμίνη A	IU	51	99
Λυκοπένιο	mcg	0	0
Λουτεΐνη	mcg	0	0

Βιταμίνη E	mg	0.03	0.06
Βιταμίνη D	IU	1	2
Βιταμίνη K	mcg	0.2	0.2
Λιπίδια			
Ολικά κορεσμένα λιπαρά οξέα	g	1	2.096
4:0	g	0.046	0.096
6:0	g	0.032	0.066
8:0	g	0.02	0.042
10:0	g	0.044	0.093
12:0	g	0.053	0.111
14:0	g	0.163	0.343
16:0	g	0.422	0.886
18:0	g	0.151	0.317
Ολικά μονοακόρεστα λιπαρά οξέα	g	0.426	0.893
Ολικά πολυακόρεστα λιπαρά οξέα	g	0.044	0.092
Χοληστερόλη	mg	6	13
Αμινοξέα			
Τρυπτοφάνη	g	0.03	0.02
Θρεονίνη	g	0.216	0.142
Ισολευκίνη	g	0.286	0.189
Λευκίνη	g	0.529	0.35
Λυσίνη	g	0.471	0.311
Μεθειονίνη	g	0.155	0.102
Κυστίνη	g	0.048	0.032
Φαινυλαλανίνη	g	0.286	0.189
Τυροσίνη	g	0.265	0.175
Βαλίνη	g	0.434	0.287
Αργινίνη	g	0.158	0.104
Ιστιδίνη	g	0.13	0.086
Αλανίνη	g	0.255	0.148
Ασπαρτικό οξύ	g	0.416	0.275
Γλουταμικό οξύ	g	1.028	0.679
Γλυκίνη	g	0.127	0.084
Προλίνη	g	0.622	0.411
Σερίνη	g	0.325	0.215

Βιβλιογραφία 3^{ου} Κεφαλαίου

- Alhaj, O. A., Kanekian, A. D., and Peters, A. C., Investigation on whey proteins profile of commercially available milk-based probiotics health drinks using fast protein liquid chromatography, *British Food Journal*, pg.:469-480, 2007
- F. Yildiz, *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*, 2010
- Fox P.F., McSweeney P.L.H., *Dairy Chemistry and Biochemistry*, Blackie Academic & Professional London, United Kingdom, 1998.
- H. C. Deeth, A. Y. Tamime, *Yogurt: Technology and Biochemistry* , pages. 939-977, 1980
- H. C. Deeth, A. Y. Tamime, *Yogurt: Nutritive and Therapeutic Aspects*, pages 78-86, 1981
- Hui. H.Y. *Dairy Science and Technology Handbook, Product Manufacturing*, Wiley V.H.C Inc. U.S.A., 1993
- Jensen R.J, *Handbook of Milk Composition*. Academic Press U.S.A., 1995
- J.Welti-Chanes, E. Parada-Arias, *Food Engineering: Integrated Approaches*, 2008
- Korhonen, H., Pihlanto-Leppälä, A., Milk-derived bioactive peptides: Formation and prospects for health promotion. In *Handbook of Functional Dairy Products*, CRC Press, pg.: 109-124, 2004
- Marcel B. Roberfroid, *Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties*, 1998
- P. J. Tomasik, PiotrTomasik, *Probiotics and Prebiotics*, 2003
- Ramesh C. Chandan, Charles H. White, ArunKilara, Y.H. Hui, *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Blackwell Pub, 2006
- Shah, N., *Yogurt: The Product and its Manufacture*. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2003
- Shah, N. Functional cultures and health benefits.*International Dairy Journal* 17, pg.: 1262-1277, 2007
- Stanton, C., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., and Sinderen, D. V., Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites, *Current Opinion in Biotechnology*, pg.:198-203, 2005
- TamimeA.Y., RobinsonR.K. (2007). *Yoghurt: Science & Technology* (3rd Ed.). CRC Press, UK
- Tuohy, K. M., Probert, H. M., Smejkal, C. W., and Gibson, G. R., Using probiotics and prebiotics to improve gut health, *Drug Discovery Today*, pg.:692-700, 2003

United States Department of Agriculture (USDA), Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference, 2019

Y. H. Hui, L. M. Goddik, et. al., Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology, Marcel Dekker Inc., 2004

Κεφάλαιο 4: Γαλακτική Ζύμωση και Διαγράμματα ροής για την παραγωγή γιαουρτιού

4.1 Εισαγωγή στη γαλακτική ζύμωση



Η ζύμωση, μαζί με την ξήρανση και το αλάτισμα, είναι από τις πιο παλιές μεθόδους συντήρησης των τροφίμων. Επίσης, θεωρείται σημαντική γιατί μπορεί να μειώσει την τοξικότητα και να προσδώσει γεύση στα τρόφιμα. Η ζύμωση επέτρεψε από παλιά στους ανθρώπους να διατηρούν τα τρόφιμά τους στις εύκρατες και δροσερές περιοχές για να επιβιώνουν τη χειμερινή περίοδο και στις τροπικές περιοχές για να επιβιώνουν στις περιόδους ξηρασίας. Η συνηθέστερη και πιο σημαντική ζύμωση της λακτόζης είναι η γαλακτική. Το μόλις αρμεγμένο γάλα έχει ελαφρώς γλυκιά γεύση. Αυτό όμως σε ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος αποκτά όξινη γεύση, που συνοδεύεται από χαρακτηριστική οσμή. Η αλλαγή αυτή οφείλεται στην επίδραση των

μικροοργανισμών, που με τα ένζυμα με τα οποία εκκρίνουν, μετατρέπουν τη λακτόζη σε γαλακτικό οξύ.

Όταν η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος φτάσει 0.3 - 0.4% τότε γίνεται αισθητή η όξινη γεύση του γάλακτος, ενώ στο 0.6 - 0.7% δημιουργείται η πήξη του σε συνηθισμένες συνθήκες περιβάλλοντος. Όταν όμως φτάσει στο 0.1%, τότε διακόπτεται η παραγωγή του γαλακτικού οξέος, διότι η συγκέντρωση αυτή δρα ανασταλτικά στη δράση των μικροοργανισμών του γάλακτος και επέρχεται πάλι όταν εξουδετερωθεί το γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ στη καθαρή του μορφή δεν έχει ούτε γεύση, ούτε οσμή όξινου γάλακτος, διότι η λακτόζη όταν μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ δεν γίνεται με τον από τρόπο που αναφέρθηκε στην περιγραφή, αλλά ακολουθεί μία μακρά σειρά χημικών αντιδράσεων. Μαζί με το γαλακτικό οξύ εμφανίζονται και άλλες ουσίες, όπως CO₂, οξέα, αλκοόλες και αλδεΐδες. Οι ουσίες αυτές βρίσκονται σε πολύ μικρή αναλογία που αντιπροσωπεύουν μόλις το 5%, ενώ το υπόλοιπο 95% είναι το γαλακτικό οξύ.

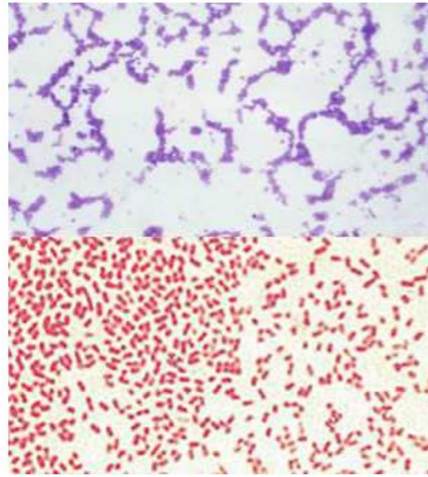
4.2 Γαλακτική Ζύμωση

Η διαδικασία ζύμωσης, όπως έχει αναφερθεί είναι το σημαντικότερο στάδιο της παρασκευής του γιαουρτιού, κατά το οποίο σχηματίζεται το πήγμα και αναπτύσσονται έτσι τα φυσικοχημικά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Βασικό παράγοντα της ζύμωσης αποτελούν οι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν σε αυτή, οι οποίοι μέσω των βιοχημικών τους αντιδράσεων προκαλούν το σχηματισμό του πήγματος και την ανάπτυξη των αρωματικών συστατικών.

Ένα ζυμωμένο γαλακτοκομικό προϊόν για να ονομαστεί «γιαούρτι», θα πρέπει να περιέχει τα δύο ζωντανά βακτηριακά στελέχη του *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* σε αφθονία. Ωστόσο, οι συμβιωτικές καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή γιαουρτιού ενδέχεται να περιλαμβάνουν και άλλους μικροοργανισμούς, όπως *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus jugurti*, *Lactobacillus helveticus*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium bifidus* και *Bifidobacterium infantis*.

Ο *Streptococcus thermophilus* subsp. *thermophilus* (ST) είναι το μόνο είδος του γένους *streptococcus* που χρησιμοποιείται σε γαλακτοκομικές διεργασίες. Ο *Streptococcus Thermophilus* είναι θετικός κατά Gram, θεωρείται θερμόφιλος με βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης τους 35-53 ° C.

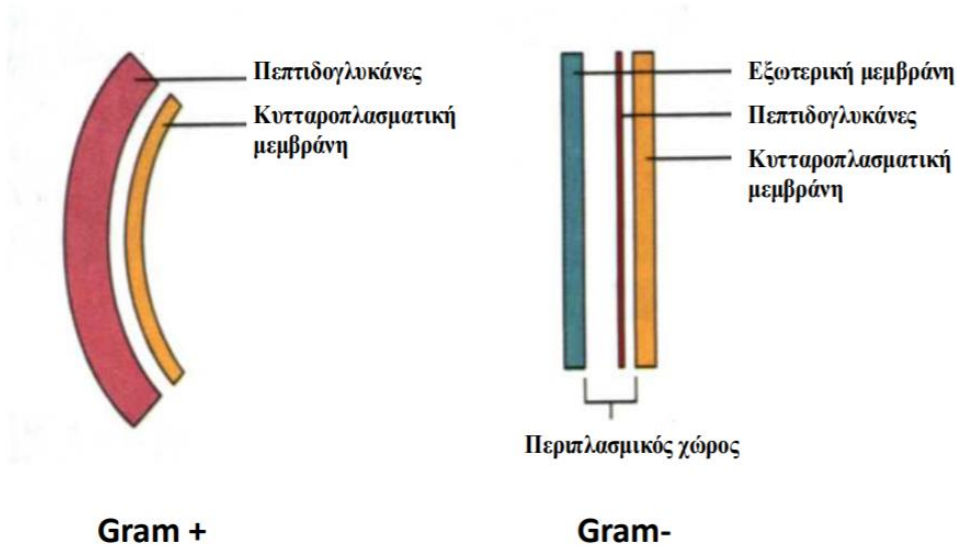
Αξίζει να αναφερθεί ότι τα βακτήρια, ανάλογα με τη δομή του τοιχώματος, διακρίνονται σε θετικά κατά Gram και αρνητικά κατά Gram. Στην πρώτη περίπτωση τα βακτήρια διατηρούν το μπλε-ιώδες χρώμα της πρώτης χρώσης, ενώ στη δεύτερη λαμβάνουν ερυθρό χρώμα οφειλόμενο στη δεύτερη χρώση.



Gram θετικά

Gram αρνητικά

Τα Gram θετικά έχουν ένα ομογενές παχύ κυτταρικό τοίχωμα που αποτελείται από πεπτιδογλυκάνες. Από την άλλη, τα Gram αρνητικά βακτήρια έχουν αρκετά σύνθετο κυτταρικό τοίχωμα. Συγκεκριμένα στα βακτήρια αυτά υπάρχει ένα στρώμα πεπτιδογλυκάνης που περιβάλλει την κυτταρική μεμβράνη, το οποίο με τη σειρά του περιβάλλεται από μία δεύτερη κυτταρική μεμβράνη, την εξωτερική μεμβράνη.

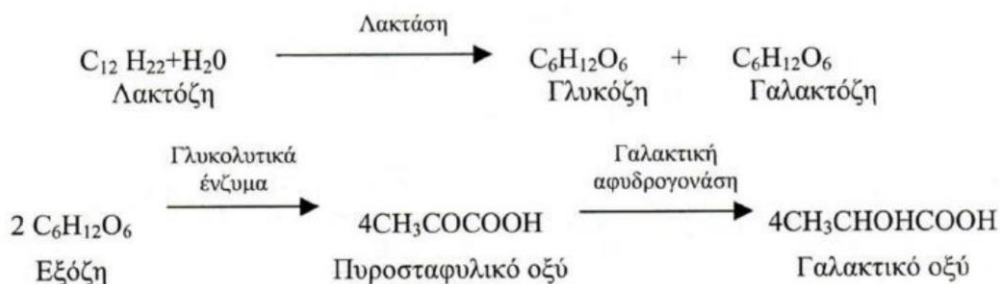


Επίσης, τα κύτταρα του *Streptococcus Thermophilus* είναι σφαιρικού σχήματος κατά το πρώιμα στάδια της ζωής του και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του μετατρέπεται σε ραβδόμορφο σχηματισμό. Στη συνέχεια, ο *Lactobacillus Delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* (LB) είναι θετικός κατά Gram, αναερόβιο βακτήριο και η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξής του κυμαίνεται μεταξύ 40-44°C. Ακόμα, ο *Lactobacillus Bulgaricus* μπορεί να παράγει πολύ μεγάλες ποσότητες γαλακτικού οξέος από το μεταβολισμό της λακτόζης.

Αυτά τα δύο είδη παρουσιάζουν συνδυαστική δράση στο γάλα, μεταβολίζοντας τη λακτόζη σε γαλακτικό οξύ και προκαλώντας μείωση του pH του γάλακτος. Η συνέργεια μεταξύ ST και LB βασίζεται στα ιδιαίτερα ατομικά χαρακτηριστικά του

κάθε είδους και επιτυγχάνει υψηλότερο μεταβολισμό της λακτόζης καθώς και παραγωγή γαλακτικού οξέος σε σχέση με τη δράση του καθενός ξεχωριστά. Η διεργασία της ζύμωσης ξεκινά χάρη στη δράση του ST, ο οποίος είναι πιο ανθεκτικός στον αέρα από τον LB, αλλά δεν έχει μεγάλη προτεολυτική ικανότητα.

Όσο αναπτύσσονται στο γάλα, ο ST δημιουργεί ελεύθερα πεπτίδια που ευνοούν την ανάπτυξη του LB. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του πρώιμου σταδίου της ζύμωσης, η λακτόζη μεταφέρεται μέσω της κυτταρικής μεμβράνης του ST με τη βοήθεια του ενζύμου γαλακτοζιτικής περμεάσης που βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη. Έτσι, η λακτόζη στο κύτταρο υδρολύεται από τα ένζυμα λακτάση ή β-γαλακτοζιδάση και παράγονται γλυκόζη και γαλακτόζη. Στη συνέχεια, η γλυκόζη μετατρέπεται σε πυροσταφυλικό οξύ που μεταβολίζεται σε γαλακτικό οξύ από το ένζυμο γαλακτική αφυδρογονάση. Στο εσωτερικό του συστήματος, όπου απουσιάζει το οξυγόνο και υπάρχει μυρμηκικό οξύ, το οποίο είναι υποπροϊόν του μεταβολισμού του ST και με τον τρόπο αυτό, ευνοείται η ανάπτυξη του LB.



Επιπλέον, η ανάπτυξη του LB επηρεάζεται περαιτέρω από τα αμινοξέα που απελευθερώνονται από την πεπτιδική δράση ενζύμων του ST. Όταν το pH του γιαουρτιού προσεγγίζει την τιμή 5.0, η δραστηριότητα του ST υποχωρεί και ο LB κυριαρχεί στη συνολική διαδικασία ζύμωσης μέχρις ότου επιτευχθεί η επιδιωκόμενη τιμή του pH και η διαδικασία ζύμωσης παύει. Κανονικά, η περίοδος ζύμωσης τερματίζεται με μείωση της θερμοκρασίας στους 4 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία, τα βακτήρια είναι ακόμα ζωντανά, αλλά η δραστηριότητά τους περιορίζεται. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η απελευθέρωση αρωματικών μορίων, και κατά συνέπεια και το άρωμα του γιαουρτιού, κατά την αποθήκευση και τη διανομή. Η ανάπτυξη των συμβιωτικών βακτηρίων προκαλεί αλλαγές στα φυσικά συστατικά του γάλακτος, που είναι υπεύθυνα για τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού.

Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, η λακτόζη, οι πρωτεΐνες του γάλακτος, το μικροβιακό περιεχόμενο, καθώς και αρκετές ενώσεις άνθρακα υφίστανται σημαντικές αλλαγές, ενώ μικρές αλλαγές συμβαίνουν στις βιταμίνες και στα μέταλλα. Συγκεκριμένα, η λακτόζη μειώνεται κατά 30% παράγοντας τη διπλάσια γραμμομοριακή ποσότητα του γαλακτικού οξέος και οι πρωτεΐνες (καζεΐνες και πρωτεΐνες ορού) συσσωματώνονται, αυξάνοντας έτσι τη συνεκτικότητα του γιαουρτιού. Τα αμινοξέα, λόγω της

πρωτεόλυσης που προκαλείται από τα βακτήρια απελευθερώνονται μέσα στο γιαούρτι, ακόμη και κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους 4 °C. Κατά τη διάρκεια της επώασης το μικροβιακό περιεχόμενο του συστήματος αυξάνεται στα 10^8 - 10^{10} cfu g^{-1} .

Επίσης, κατά τη διάρκεια της ζύμωσης οι οργανικές ενώσεις που σχηματίζονται είναι κυρίως το γαλακτικό οξύ, η ακεταλδεΰδη, το διμεθυλοσουλφίδιο, η 2,3-βουτανοδιόνη, η 2,3 –πεντανοδιόνη και άλλες, καθώς οι ενώσεις αυτές συμβάλλουν στη χαρακτηριστική γεύση του γιαουρτιού. Επιπλέον, αυξάνεται η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο γάλα, με αποτέλεσμα να μειώνεται το pH. Η μείωση αυτή, προκαλεί διάσπαση στις καρβοξυλικές ομάδες των πρωτεϊνών και το αρνητικό φορτίο μεταξύ των μυκκλίων καζεΐνης αυξάνεται. Ωστόσο, η παρουσία φωσφορικού ασβεστίου εξουδετερώνει αυτό το αρνητικό φορτίο και οι κυρίαρχες δυνάμεις, πλέον, είναι οι έλξεις μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων. Για το λόγο αυτό, τα μικκύλια καζεΐνης συσσωματώνονται και σχηματίζουν ένα δίκτυο μικρών αλυσίδων. Αυτή η συσσωμάτωση προκαλεί την αύξηση του ιξώδους και το σχηματισμό του πηγματος του γιαουρτιού.

Ο μηχανισμός διαχωρισμού και της συσσωμάτωσης των μυκκλίων εξαρτάται από το pH, τη συγκέντρωση των ιόντων Ca^{2+} και τη θερμοκρασία. Στο pH = 5.6, όλες οι καζεΐνες είναι επιρρεπείς σε διαχωρισμό και ο διαχωρισμός εμφανίζεται στο εξωτερικό παρά τα εσωτερικά στρώματα των μυκκλίων. Η διάσπαση του δεσμού $Ca-PO_4$ συμβαίνει στην τιμή pH = 5,3 και υπάρχει γραμμική σχέση συγκεντρώσεων ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) και ($PO_4^{3-} + C_3H_5O(COO)_3^{3-}$).

Με τη μείωση του pH λοιπόν, οι ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις γίνονται πιο έντονες μεταξύ θετικά και αρνητικά φορτισμένων ιόντων και παράλληλα εξασθενούν οι απωθητικές δυνάμεις επιτρέποντας στα μυκκίλια να ενωθούν. Η επίδραση της αλλαγής του pH στα καζεϊνικά μυκκίλια παίζει σημαντικό ρόλο, και διαφέρει ανάλογα με τη διακύμανση της τιμής του.

- Για pH = 6.6–5.9 δεν υπάρχει καμία αλλαγή, μέγεθος για 0.1 μm και ομοιόμορφα κατανεμημένα στον όγκο του γάλακτος
- Για pH = 5.5– 5.2 , επικρατεί μερική αποσύνθεση
- Για pH \leq 5.2 τα μόρια της καζεΐνης σχηματίζουν δομές με κενά μεταξύ τους. Όσο αλληλεπιδρούν τα μυκκίλια μεταξύ τους, το πήγμα δεν πρέπει να διαταραχθεί
- Για pH = 5.2 – 4.8, επικρατεί συσσωμάτωση των μυκκλίων σε μεγαλύτερα από τα αρχικά

- Για $pH \leq 4.5$, επικρατεί αναδιοργάνωση των μορίων καζεΐνης και ο σχηματισμός μίας πρωτεϊνικής μήτρας που αποτελείται από τις αλυσίδες μυκκηλίων.

Στη συνέχεια, θα αναφερθούν τα κινητικά μοντέλα που περιγράφουν την εξέλιξη του pH και του ιξώδους σε σχέση με το χρόνο. Η εξίσωση (1) είναι το τροποποιημένο μοντέλο Gompertz των de Brabandere και de Baerdemaeker (1999) καθώς εκφράζει την εξέλιξη του pH κατά τη διάρκεια του χρόνου ζύμωσης:

$$pH = pH_0 + (pH_0 - pH_\infty) - \left\{ -\exp \left[\frac{e \cdot \mu_{pH}}{(pH_0 - pH_\infty)} \cdot (\lambda_{pH} - t) + 1 \right] \right\}$$

Όπου:

pH_0, pH_∞ = η αρχική και η τελική τιμή pH

$\mu_{pH} (\text{min}^{-1})$ = ο μέγιστος ρυθμός αύξησης του pH

$\lambda_{pH} (\text{min})$ = η διάρκεια λανθάνουσας φάσης του pH

Η εξίσωση (2) είναι το τροποποιημένο μοντέλο Gompertz των Soukoulis et al (2007) που περιγράφει την εξέλιξη του ιξώδους κατά την ζύμωση του γάλακτος προς γιαούρτι:

$$\mu_a = \mu_{a0} + (\mu_{a0} - \mu_{a\infty}) - \left\{ -\exp \left[\frac{e \cdot \mu_v}{(\mu_{a0} - \mu_{a\infty})} \cdot (\lambda_v - t) + 1 \right] \right\}$$

Όπου:

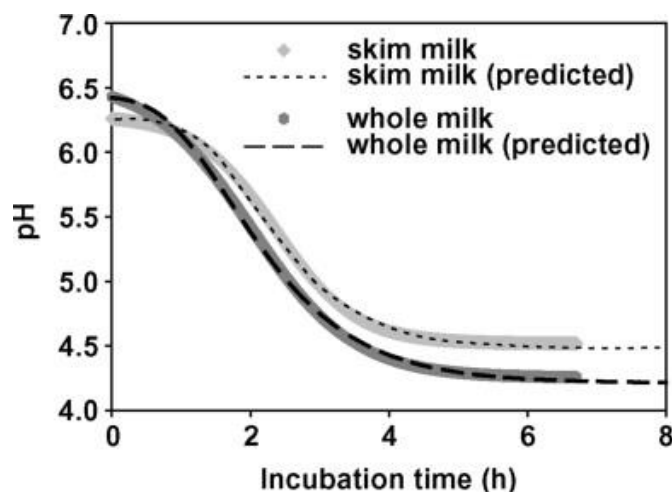
$\mu_{a0}, \mu_{a\infty} (\text{Pa s})$ = η αρχική και τελική τιμή ιξώδους

$\mu_v (\text{min}^{-1})$ = ο μέγιστος ρυθμός αύξησης του ιξώδους

$\lambda_v (\text{min})$ = η διάρκεια λανθάνουσας φάσης του ιξώδους

Τέλος, η καμπύλη της ζύμωσης που σχηματίζεται εξαρτάται αυστηρά από πολλές παραμέτρους, όπως η προέλευση του γάλακτος, ο τύπος και η συγκέντρωση των συστατικών του, η καλλιέργεια εκκίνησης, η θερμοκρασία επώασης και η θερμική επεξεργασία του γάλακτος.

Στη παρακάτω εικόνα, απεικονίζεται το προφίλ του pH κατά την οξυγαλακτική ζύμωση πλήρους και αποβουτυρωμένου γάλακτος.



4.3 Συνθήκες της ζύμωσης

Η θερμοκρασία στην οποία θα πραγματοποιηθεί η ζύμωση παίζει καθοριστικό ρόλο στις φυσικοχημικές ιδιότητες και στη μικροδομή του τελικού προϊόντος. Η θερμοκρασία της ζύμωσης συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 41 - 43°C και πραγματοποιείται για 4 - 5 h, ανάλογα με την καλλιέργεια εκκίνησης που χρησιμοποιείται, το ποσοστό και το ρυθμό προσθήκης της στο γάλα και τη σύσταση του γαλακτος. Εναλλακτικά, το πήγμα μπορεί να σχηματισθεί και σε συνθήκες θερμοκρασίας που μπορεί να φτάνουν τους 27 - 30°C, όμως απαιτείται πολύ μεγαλύτερος χρόνος ζύμωσης, περίπου 12 - 16 h.

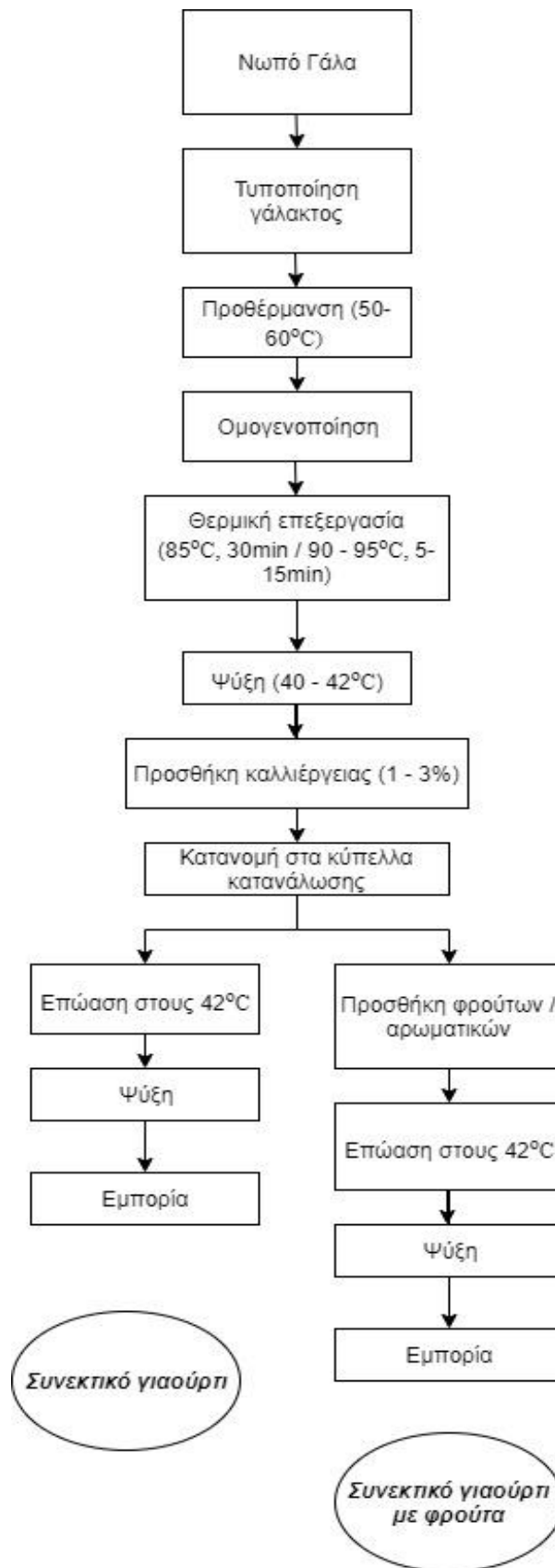
Η τυπική θερμοκρασία επώασης είναι στους 42°C, όμως όταν χρησιμοποιηθεί χαμηλότερη θερμοκρασία τότε ο χρόνος επώασης αυξάνεται, αλλά το πήγμα είναι πιο σφικτό στην περίπτωση του γιαουρτιού τύπου σετ και πιο παχύρευστο στην περίπτωση του αναμεμιγμένου τύπου και μειώνεται το φαινόμενο της συναίρεσης. Αντίθετα, όταν η διαδικασία πραγματοποιείται σε υψηλότερες θερμοκρασίες, τα πρωτεϊνικά πλέγματα είναι ασθενέστερα και παράλληλα σχηματίζονται μεγάλοι πόροι, με αποτέλεσμα μεγαλύτερο διαχωρισμό του ορού.

Για τις περιπτώσεις του γιαουρτιού αναμεμιγμένου τύπου και των πόσιμων επιδόρπιων γιαουρτιού, έχει προταθεί και η εναλλακτική ζύμωση με συνεχή ανάδευση, προκειμένου να διασφαλίζεται ομοιογενής κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο δοχείο όπου πραγματοποιείται η ζύμωση. Αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας είναι η ταχύτερη πτώση της τιμής του pH, η οποία συνοδεύεται και με μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Από την οργανοληπτική αξιολόγηση, τα πηγμάτα που παράγονται από ζύμωση υπό ανάδευση φαίνεται να εμφανίζουν ελαφρώς χαμηλότερες τιμές

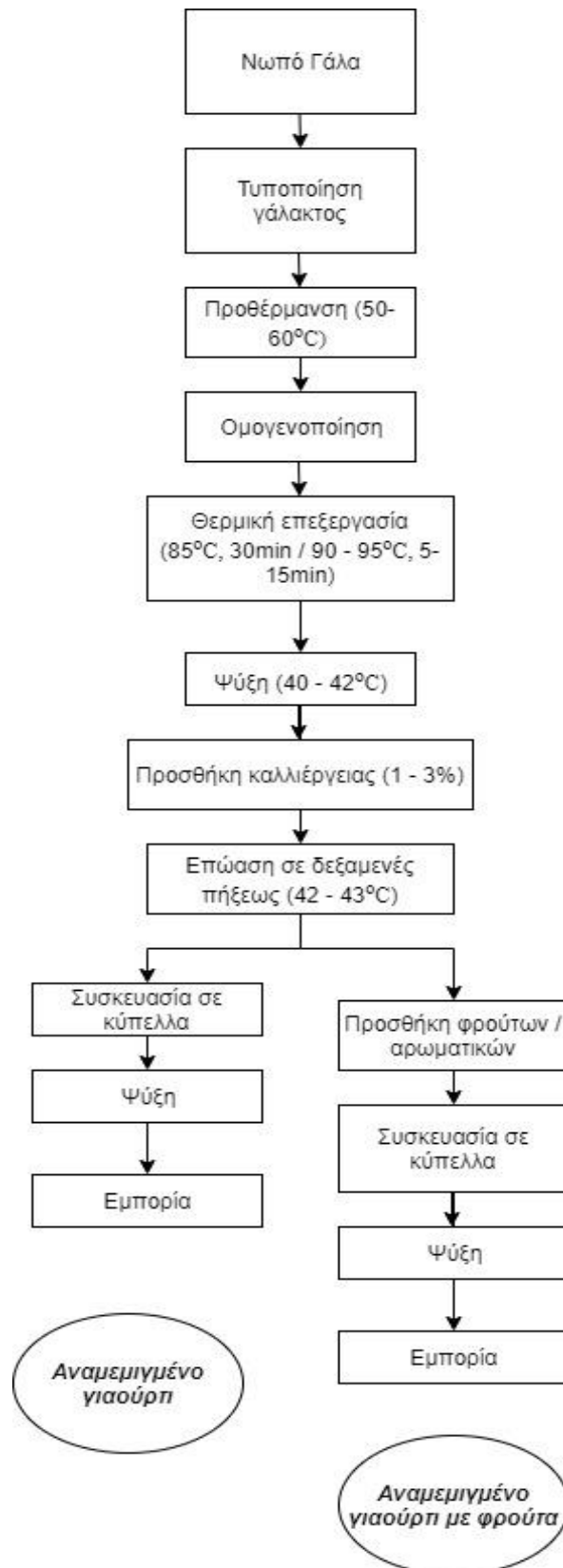
ρεολογικών ιδιοτήτων, οι οποίες όμως είναι δυνατόν να βελτιωθούν με τη χρήση κάποιου πηκτικού παράγοντα, ενώ δεν επηρεάζεται το άρωμα των τελικών προϊόντων, όπως προκύπτει από την οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων.

4.4 Διαγράμματα ροής παραγωγής διαφόρων ειδών γιαουρτιού και απεικόνιση σε βιομηχανική κλίμακα

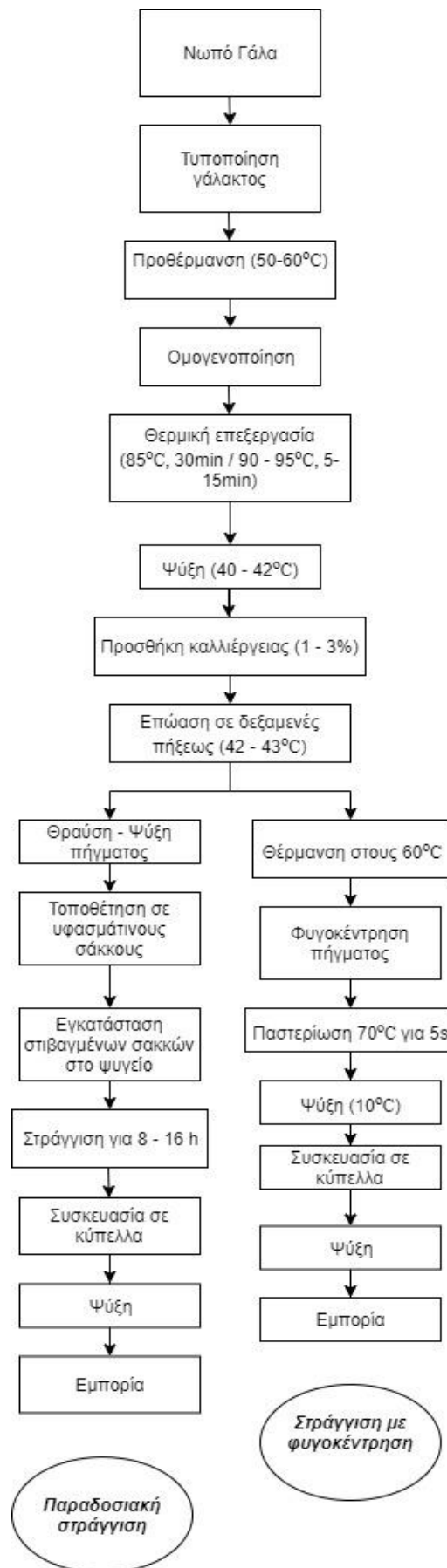
Εικόνα 1: Διάγραμμα ροής για συνεκτικού (set) τύπου γιαούρτι



Εικόνα 2: Διάγραμμα ροής για αναμεμιγμένου (stirred) τύπου γιαούρτι

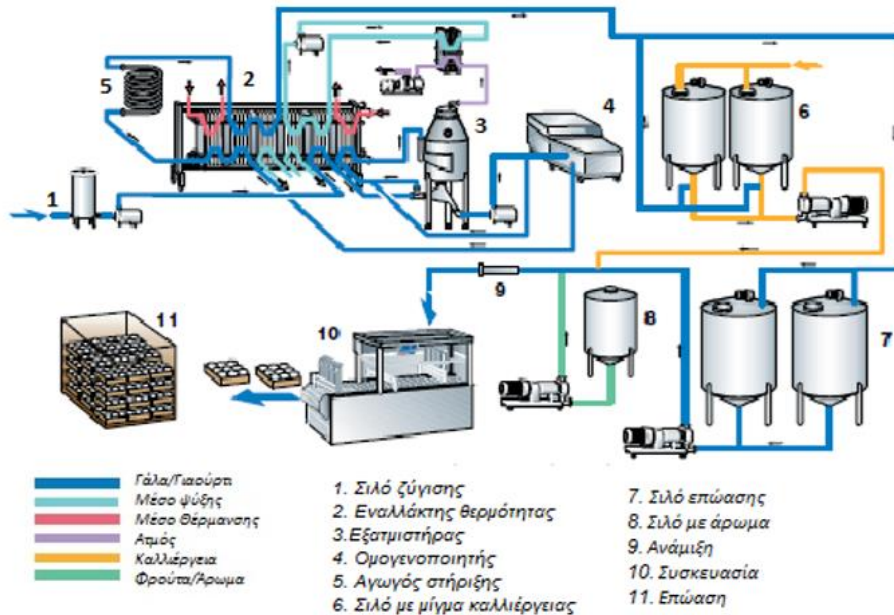


Εικόνα 3: Διάγραμμα ροής για στραγγιστό (strained) γιαούρτι

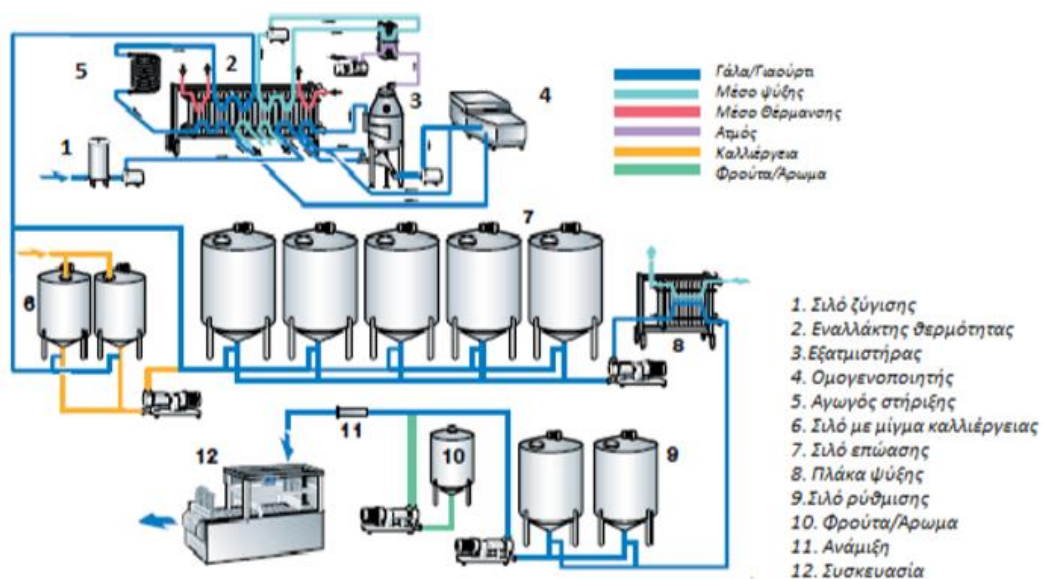


Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι γραμμές παραγωγής διαφόρων ειδών του γιαουρτιού:

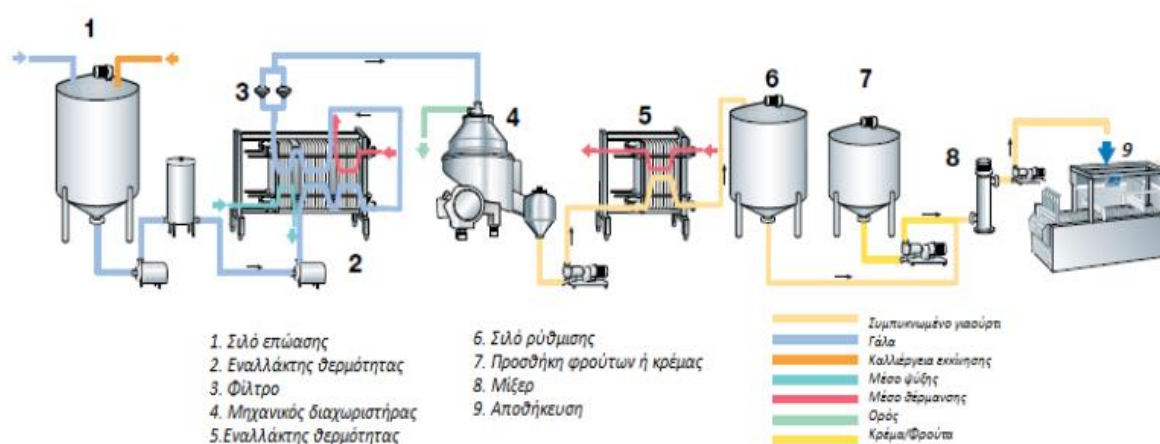
Εικόνα 4: Γραμμή παραγωγής συνεκτικού (set) τύπου γιαουρτιού



Εικόνα 5: Γραμμή παραγωγής αναμεμιγμένου (stirred) τύπου γιαουρτιού



Εικόνα 6: Γραμμή παραγωγής στραγγιστού (strained) γιαουρτιού



Βιβλιογραφία 4^{ου} Κεφαλαίου

4.1

Aguirre - Ezkauriatza E.J., Galarza-González M.G., Uribe-Bujanda A.I., Ríos-Licea M., et al. (2008). Effect of mixing during fermentation in yogurt manufacturing. *Journal of Dairy Science*, 91, 4450 – 4465

Lee, W.J., & Lucey, J.A. (2003). Rheological properties, whey separation, and microstructure in set style yogurt: Effects of heating temperature and incubation temperature. *Journal of Texture Studies*, 34, 515 – 536

Lucey J. A. (2001). The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. *Food Hydrocolloids*

4.2

Benjamin K. Simpson, *Food Biochemistry and Food Processing*, Wiley – Blackwell Publishing, 2nd Edition, USA, 2012

Chandan R.C., Kilara A., *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Wiley - Blackwell Publishing, 2nd Edition, USA, 2006

Fuquay J.W., Fox P.F., Mc Sweeney P.L.H., *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd Edition, Elsevier Ltd., Academic Press, UK, 2011

Sfakianakis, P., Tzia, C., Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. *Foods*, 3(1), 176–193, 2014

Soukoulis, C., Panagiotidis, P., Koureli, R., Tzia, C. Industrial yogurt manufacture: Monitoring of fermentation process and improvement of final product quality, *Journal of Dairy Science*, 90, 2641–2654, 2007

Tamime A.Y., Robisons R.K., Tamime and Robinson's Yogurt: Science and Technology, 3rd Edition, Woodhead Publishing LTD, Cambridge, UK, 2007

Walstra P., Wouters J.T.M., Geurts T.J., Dairy Science and Technology, Taylor & Francis Group, LLC, USA, 2006

Βαρέλη Αικ., Βιολογία Ι & ΙΙ και Εργαστηριακές Ασκήσεις, Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών, 2^η διάλεξη

4.3

Donkor O., Henriksson A., Vasiljevic T., Shah P., Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and in vitro angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fermented milk, 2007

Donkor O., Nilmini S., Stolic P., Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yogurt during cold storage, *International Dairy Journal* 17(6), pg. 657 – 665, 2007

Marshall E., Mejia D., Traditional Fermented Foods and Beverages for Improved Livelihoods, Food and Agriculture Organisation, Livelihood Diversification Booklet No 21, 2011

4.4

Bylund G., Dairy Processing Handbook, Tetrapak Processing Systems, AB, Sweden, 1995

Μάντης Α., Υγιεινή και τεχνολογία του γάλακτος και των προϊόντων του, 3η έκδοση, Αφοί Κυριακίδη, 2000

Κεφάλαιο 5: Παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες του γιαουρτιού & Έλεγχοι κατά την επεξεργασία

5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την υφή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν αναλυτικότερα οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συνεκτικότητα του γιαουρτιού. Οι κυριότεροι είναι:

- α) Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε ολικά στερεά (ιδιαίτερα σε πρωτεΐνες)
- β) Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος που σχετίζεται κυρίως με τη μετουσίωση των πρωτεϊνών ορού
- γ) Η ομογενοποίηση του γάλακτος
- δ) Η ψύξη του γιαουρτιού
- ε) Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε άλατα
- στ) Η πρωτεολυτική δράση των μικροοργανισμών
- ζ) Η οξύτητα

α. Ολικά στερεά

Γενικά, η συνεκτικότητα του γιαουρτιού αυξάνεται με τη συμπύκνωση του γάλακτος κατά 10 - 15% ή με την προσθήκη σκόνης γάλακτος κατά 2%. Από τα συστατικά του γάλακτος, που συμμετέχουν στα ολικά στερεά, τη μεγαλύτερη βελτίωση στη συνεκτικότητα επιφέρει η αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Με την αύξηση αυτής, αυξάνεται η ποσότητα του χημικά συνδεδεμένου νερού στο πήγμα και βελτιώνεται η συνεκτικότητα. Για την παραγωγή του γιαουρτιού, διάφορα παρασκευάσματα πρωτεϊνών μπορούν να προστεθούν στο γάλα, καθώς έχει βρεθεί ότι:

Το καζεϊνικό νάτριο βελτιώνει περισσότερο από κάθε άλλο παρασκεύασμα τη συνεκτικότητα του γιαουρτιού και ελαττώνει τον ελεύθερο ορό

Τα συμπυκνώματα πρωτεϊνών ορού βελτιώνουν τη συνεκτικότητα, δεν ελαττώνουν όμως αισθητά τον ελεύθερο ορό

Με την προσθήκη συμπυκνώματος ορού, το γιαούρτι έχει πιο λεία υφή από αυτό με καζεϊνικό νάτριο

Σε σύγκριση με τις πρωτεΐνες, η ζελατίνη παρουσιάζει την ιδιομορφία να αυξάνει την ικανότητα δέσμευσης του νερού στο πήγμα, χωρίς όμως να βελτιώνει τη συνεκτικότητά του.

β. Θερμική επεξεργασία

Με τη θερμική επεξεργασία που γίνεται στο γάλα, δεν συμβαίνουν σημαντικές μεταβολές στα μικήλλια της καζεΐνης σε σχέση με τις μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στη δομή των ευαίσθητων πρωτεϊνών του ορού. Με την επεξεργασία αυτή, η οποία όπως και έχει αναφερθεί είναι εντονότερη της παστερίωσης, διευκολύνεται η αντίδραση της β-γαλακτογλοβουλίνης με την καζεΐνη, γεγονός που οδηγεί στη βελτίωση των υδρόφιλων χαρακτηριστικών του σχηματιζόμενου πήγματος και της συνεκτικότητάς του. Υπάρχουν ενδείξεις ότι παρ' όλο που το ιζώδες του γάλακτος αυξάνεται με την υπερπαστερίωση, το ιζώδες του γιαουρτιού είναι χαμηλότερο από αυτό που παρασκευάζεται μετά από θερμική επεξεργασία.

γ. Ομογενοποίηση του γάλακτος

Με την ομογενοποίηση, ελαττώνεται το μέγεθος των λιποσφαιρίων, γεγονός που ευνοεί την καλύτερη ενσωμάτωσή τους στο πήγμα, ενώ ταυτόχρονα παρεμποδίζεται η άνοδος τους στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της επώασης. Επίσης, γίνονται μεταβολές και στα μικήλλια της καζεΐνης, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται μαλακότερο πήγμα. Στην περίπτωση παρασκευής γιαουρτιού από γίδινο γάλα, που έχει μικρότερο μέγεθος λιποσφαιρίων από το αγελαδινό, έχει βρεθεί πως η ομογενοποίηση έχει ευνοϊκή επίδραση στην υφή.

δ. Ψύξη του γιαουρτιού

Το γιαούρτι σε θερμοκρασίες ψυγείου, έχει καλύτερη συνεκτικότητα από ότι σε υψηλότερες. Ο ρυθμός της ψύξης επίσης, επηρεάζει τη συνεκτικότητα και έχουν βρεθεί καλύτερα αποτελέσματα όταν ο ρυθμός που εφαρμόζεται δεν είναι έντονος.

ε. Περιεκτικότητα του γάλακτος σε άλατα

Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε άλατα και κυρίως η αναλογία αυτών, επηρεάζει την ικανότητα των πρωτεϊνών να δεσμεύουν νερό καθώς και τη συνεκτικότητα του πήγματος. Σε γάλα υψηλής περιεκτικότητας σε Ca και P έχει παρατηρηθεί βελτίωση της υφής, ενώ με προσθήκη CaCl₂, μπορούν να διορθωθούν τυχόν αδυναμίες σε γάλα που δεν έχει εξισορροπημένη σύνθεση και να βελτιωθεί η συνεκτικότητα.

στ. Πρωτεολυτική δράση μικροοργανισμών

Η πρωτεόλυση μπορεί να μην είναι έντονη κατά τη διάρκεια της παρασκευής του γιαουρτιού, αλλά μερικά στελέχη κυρίως του *L. bulgaricus* είναι αρκετά πρωτεολυτικά. Στις περιπτώσεις αυτές, οι διασπώμενες πρωτεΐνες χάνουν την ικανότητα δέσμευσης του νερού, με αποτέλεσμα την ελάττωση της συνεκτικότητας

ζ. Οξύτητα

Η χαμηλή οξύτητα του γιαουρτιού ($\text{pH} > 4.6$) ή η πολύ υψηλή ($\text{pH} < 4$), επηρεάζουν δυσμενώς τη συνεκτικότητα, διότι ελαττώνεται η ικανότητα των πρωτεϊνών για τη δέσμευση του νερού. Σε φυσιολογικές τιμές του pH (4 – 4.5) αυξάνεται η υγροσκοποκότητα των πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της συνεκτικότητας.

5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το ιξώδες

Κάποιοι από τους παραπάνω παράγοντες που επηρεάζουν τη συνεκτικότητα, επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο και το ιξώδες. Ιδιαίτερη αναφορά όμως θα γίνει στα εξής:

- α) στην επίδραση των καλλιέργειών και
- β) στην ανάδευση του γιαουρτιού για τη παρασκευή αναμεμιγμένου (stirred) τύπου

α. Καλλιέργειες

Μερικά στελέχη των μικροοργανισμών του γιαουρτιού εκκρίνουν πολυσακχαρίτες, οι οποίοι αυξάνουν το ιξώδες. Στελέχη λοιπόν με αυτή την ιδιότητα προτιμώνται για την παρασκευή αναμεμιγμένου γιαουρτιού

β. Ανάδευση

Μπορεί να σημειωθεί βελτίωση στο ιξώδες μετά από την ανάδευση του γιαουρτιού σε μέτριες ταχύτητες, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ $0 - 7^{\circ}\text{C}$ και το pH από 4.3 - 4.4. Σε διαφορετικές συνθήκες από τις παραπάνω, το ιξώδες επηρεάζεται δυσμενώς.

5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τον διαχωρισμό του ορού

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συνεκτικότητα και το ιξώδες, ελαττώνουν την ελευθέρωση του ορού από το πήγμα. Ιδιαίτερη σημασία για την ελευθέρωση του ορού, που δεν έχουν αναφερθεί παραπάνω είναι οι εξής:

- α) Θερμοκρασία επώασης
- β) Μεταχείριση του πήγματος
- γ) Σύνθεση του γάλακτος

δ) Οξύτητα

α. Θερμοκρασία επώασης

Οι υψηλές θερμοκρασίες επώασης (>48°C) ευνοούν τη συστολή του πήγματος, με αποτέλεσμα την ελευθέρωση του ορού. Την ίδια ανεπιθύμητη επίδραση έχουν και οι υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης εντός των ψυγείων.

β. Μεταχείριση του πήγματος

Κατά τη μεταφορά του γιαουρτιού, πρέπει να αποφεύγονται οι απότομοι χειρισμοί (μετακινήσεις) του πήγματος που προκαλούν την ελευθέρωση του ορού. Στο αναμεμιγμένο γιαούρτι, η ενσωμάτωση του αέρα μετά από έντονη ανάδευση προκαλεί διαχωρισμό του ορού τοπικά στα σημεία που είναι οι φυσαλίδες αέρα.

γ. Σύνθεση του γάλακτος

Εκτός από τις πρωτεΐνες και τα ολικά στερεά γενικότερα, ιδιαίτερη σημασία για την ελευθέρωση του ορού έχει και η λιποπεριεκτικότητα. Η χαμηλή λιποπεριεκτικότητα έχει συνδεθεί με την άμεση απελευθέρωση του ορού.

δ. Οξύτητα

Οι καλλιέργειες που σχηματίζουν μεγάλες ποσότητες γαλακτικού οξέος, στην αρχή της επώασης, προκαλούν συσσωμάτωση των πρωτεϊνών, που έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της ικανότητας αυτών να δεσμεύουν νερό.

5.4 Έλεγχοι κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και των τελικών προϊόντων

Οι έλεγχοι που γίνονται συνήθως σε όλες τις βιομηχανίες γάλακτος κατά τη διάρκεια επεξεργασίας είναι απαραίτητοι και στην περίπτωση βιομηχανιών που παρασκευάζουν ζυμωμένα γαλακτικά προϊόντα. Σχετικά με τους ελέγχους λοιπόν θα πρέπει να επισημανθούν τα εξής:

α) Η ανάγκη ελέγχου της σωστής θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος, όχι τόσο για την εξασφάλιση της υγείας των καταναλωτών, αφού είναι εντονότερη της παστερίωσης, αλλά γιατί η υψηλή θερμική επεξεργασία που υφίσταται το γάλα και οι συνθήκες που γίνεται, επηρεάζουν τη διάρκεια της ζύμωσης, όπως και την υφή του τελικού προϊόντος

β) Ο σωστός τρόπος ψύξης, διότι παίζει σημαντικό ρόλο στη μεταβολή των χαρακτηριστικών της υφής του τελικού προϊόντος, αλλά και της οξύτητας

γ) Η ανάγκη της τήρησης των ασηπτικών συνθηκών κατά τον εμβολιασμό του γάλακτος με καλλιέργειες

δ) Η στενή παρακολούθηση του pH κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, αφού αποτελεί την κυριότερη παράμετρο για την παρακολούθηση της εξέλιξης της ζύμωσης και θα επηρεάσει την απόφαση για τη διακοπή της. Ακόμα, το pH έχει άμεση σχέση και με την υφή, αλλά και με το άρωμα του τελικού προϊόντος

ε) Ο έλεγχος των θερμοκρασιών είναι βασικός, αφού η θερμοκρασία επώασης επηρεάζει την υφή και το άρωμα του τελικού προϊόντος και συνιστάται ιδιαίτερα η επισήμανση τυχόν διαφορών στις θερμοκρασίες σε διάφορους χώρους επώασης και σε διάφορα σημεία των δεξαμενών

στ) Η στενή παρακολούθηση των συνθηκών συσκευασίας, αφού τόσο ο τρόπος όσο και τα υλικά επηρεάζουν την ποιότητα και τη διατηρησιμότητα του τελικού προϊόντος σε μεγάλο βαθμό. Επομένως, χρειάζεται σωστός προγραμματισμός για την αποφυγή καθυστερήσεων, την αποφυγή επιμολύνσεων (από ζύμες και μύκητες) και τη χρήση υλικών συσκευασίας μη διαπερατών στον αέρα.

Επίσης, στα τελικά προϊόντα πρέπει να γίνονται όλοι οι έλεγχοι που είναι νομοθετημένοι από κρατικούς φορείς, αλλά και εκείνοι που είναι καθιερωμένοι από τη βιομηχανία για την εξασφάλιση της άριστης ποιότητας του προϊόντος. Όσον αφορά τη νομοθεσία, θα αναφερθούν στα επόμενα κεφάλαια. Για την εξασφάλιση της σταθερότητας και της ποιότητας του γάλακτος που έχει υποστεί ζύμωση χρειάζονται οι εξής έλεγχοι:

α) Ο έλεγχος του pH και της οξύτητας, αφού όπως έχει προαναφερθεί η οξύτητα επηρεάζει την υφή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

β) Ο έλεγχος των ουσιών που επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως:

- ακεταλδεϋδης (για το άρωμα του γιαουρτιού)
- διακετυλίου και CO₂ (για τη καλή γεύση βουτυρογάλακτος)
- αιθανόλης (βασικό συστατικό για το κεφίρ)

γ) έλεγχος της ζάχαρης, στα προϊόντα που φτιάχνονται με φρούτα και προσθέτων ουσιών, κυρίως σταθεροποιητών.

Όσον αφορά τα εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου των βιομηχανιών, απαραίτητος είναι ο οργανοληπτικός έλεγχος για την εξασφάλιση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κάθε προϊόντος. Μερικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, κυρίως αυτά που έχουν σχέση με την υφή, θα πρέπει να αξιολογούνται και με αντικειμενικούς τρόπους (ιξώδες, αντίσταση πήγματος), από τη στιγμή που υπάρχουν εξειδικευμένα όργανα για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών αυτών. Επίσης, σε όλα τα ζυμωμένα γάλατα, η παρουσία ελεύθερου ορού είναι ανεπιθύμητη, καθώς και η έλλειψη της λείας υφής,

που συνήθως αποδίδεται σε σχηματισμό μεγάλων ποσοτήτων γαλακτικού οξέος σε μικρό χρονικό διάστημα, λόγω της μη χρησιμοποίησης της κατάλληλης θερμοκρασίας επώασης ή με τη χρήση καλλιέργειας με μεγάλη ικανότητα παραγωγής γαλακτικού οξέος.

Τέλος, όσον αφορά τους μικροβιολογικούς ελέγχους, στις περισσότερες χώρες έχει καθιερωθεί κι ως απαραίτητος ο έλεγχος της παρουσίας των χαρακτηριστικών μικροοργανισμών, αφού με την παρουσία αυτών στα τελικά προϊόντα επιδρά ευνοϊκά στην υγεία των καταναλωτών. Η μέτρηση των μικροοργανισμών γίνεται σε ειδικά υποστρώματα που έχουν βρεθεί για το κάθε είδος μικροοργανισμού που χρησιμοποιείται ως καλλιέργεια. Για τον έλεγχο των συνθηκών υγιεινής των βιομηχανιών, ένας χρήσιμος δείκτης είναι τα κολοβακτήρια, ενώ από τους παθογόνους μικροοργανισμούς ο έλεγχος των σταφυλόκοκκων αποτελεί τον βασικότερο, διότι μπορούν να επιβιώσουν και σε όξινα προϊόντα με pH χαμηλότερο του 5. Σε χαμηλές τιμές του pH μπορούν να αναπτυχθούν ζύμες και μύκητες, οπότε για τον λόγο αυτό υπάρχει ένα ανώτατο όριο για τα ζυμωμένα είδη γάλακτος που εφαρμόζεται σε πολλές βιομηχανίες.

Βιβλιογραφία 5^{ου} Κεφαλαίου

Abdel - Rahman M., Sanchez A. Mehta B.M., Microstructure of Dairy Products, Wiley Blackwell, 2018

Walstra P., Geurts T.J., Jelema A., Noomen A., Dairy Technology, Principles of Milk, Properties and Processes, Marcel Dekker Inc. U.S.A., 1999

Y. H. Hui, Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology, Science Technology System West Sacramento, California, 2004

Χρήστος Κεχαγιάς, Στοιχεία Τεχνολογίας και Έλεγχοι Ποιότητας Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων, Εργαστηριακό Εγχειρίδιο, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2005

Κεφάλαιο 6: Νομοθεσία για το γάλα και το γιαούρτι

6.1 Εισαγωγή

Ορισμένες χώρες έχουν θεσπίσει τις μικροβιολογικές προδιαγραφές σύμφωνα με τις οποίες τα γιαούρτια πρέπει να περιέχουν ζωντανά οξυγαλακτικά βακτήρια σε συγκεκριμένους πληθυσμούς.

Το ζωντανό γιαούρτι ενεργής καλλιέργειας, σύμφωνα με το National Yogurt Association των Η.Π.Α. πρέπει να περιέχει ζωντανά οξυγαλακτικά βακτήρια σε πληθυσμούς μεγαλύτερους από 10^8 βακτήρια/g τη στιγμή παραγωγής και οι καλλιέργειες αυτές πρέπει να παραμένουν ενεργές μέχρι την ημερομηνία λήξης του γιαουρτιού. Τους ίδιους πληθυσμούς με τις Η.Π.Α. έχει ορίσει και η Δανία, ενώ η Γαλλία ορίζει ως απαραίτητη την ύπαρξη 10^7 οξυγαλακτικών βακτηρίων/g και η Ελβετία την ύπαρξη 10^6 οξυγαλακτικών βακτηρίων/g.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι αυτή που μεριμνά για τη νομοθετική ρύθμιση των χαρακτηριστικών των διαφόρων ειδών γιαουρτιού που κυκλοφορούν στα κράτη μέλη της. Τα κυριότερα σημεία αναφέρονται παρακάτω και είναι τα εξής:

- Ο συνολικός αριθμός των χαρακτηριστικών μικροοργανισμών των γιαουρτιών (*Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*) πρέπει κατά την ημερομηνία της ελάχιστης διατηρησιμότητας να είναι 10^7 cfu/g.
- Δίνεται η δυνατότητα να αντικατασταθεί ο *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* με άλλο μικροοργανισμό του γένους *Lactobacillus*, με την προϋπόθεση ότι θα διευκρινίζεται η τροποποίηση δίπλα από τη λέξη.
- Είναι δυνατή η προσθήκη άλλων μικροοργανισμών (πχ. *Bifidobacteria*) μαζί με τα χαρακτηριστικά οξυγαλακτικά βακτήρια του γιαουρτιού, για να αναγραφεί όμως στη συσκευασία θα πρέπει ο προστιθέμενος μικροοργανισμός να έχει πληθυσμό τουλάχιστον 10^6 cfu/g στο τελικό προϊόν.
- Στην περίπτωση που λαμβάνει μέρος η θερμική επεξεργασία μετά τη ζύμωση σε κάποιο γιαούρτι, αφήνονται περιθώρια στις χώρες (εφόσον υπάρχει σχετική νομοθεσία) να μην χρησιμοποιούν την ειδική ονομασία του προϊόντος, αφού έχουν μεταβληθεί οι χαρακτηριστικές ιδιότητες και η ζωτικότητα των μικροοργανισμών. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο όρος «προϊόν ζύμωσης γάλακτος», σε συνδυασμό με τη δήλωση ότι το προϊόν έχει υποστεί θερμική επεξεργασία μετά από τη ζύμωση.

Στην Ελλάδα, παρόλο που η κατανάλωση γιαουρτιού είναι αρκετά αυξημένη, η νομοθεσία δεν έχει προσαρμοστεί και δεν ανταποκρίνεται στις νέες προδιαγραφές της Ε.Ε. Έτσι, στον ορισμό του γιαουρτιού, δεν αναφέρονται τα είδη των

μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται και δεν καλύπτονται θέματα όπως ο πληθυσμός τους κατά την πώληση, ή η ονοματολογία σε περίπτωση αντικατάστασης ή προσθήκης άλλου μικροοργανισμού.

Επιπλέον, δεν έχει καθιερωθεί ο όρος «ζυμωμένα γάλατα», παρόλο που κυκλοφορούν και άλλα προϊόντα εκτός από το γιαούρτι όπως το βουτυρόγαλα και το κεφίρ, καθώς και προϊόντα με προβιοτικούς οργανισμούς. Τέλος, θα μπορούν να διακινούνται στην αγορά ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής (θερμικώς επεξεργασμένα), ανταγωνίζοντας παραδοσιακά προϊόντα όπως το γιαούρτι, αφού θα μπορούν να εμφανίζονται με το ίδιο όνομα.

6.2 Νομοθεσία

Οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων τροφίμων που παράγουν ή κατά περίπτωση συλλέγουν το νωπό γάλα, πρέπει να συμμορφώνονται με τις παρακάτω απαιτήσεις:

Το νωπό γάλα, με βάση την νομοθεσία αναφοράς θα πρέπει να είναι από ζώα:

α) που δεν παρουσιάζουν συμπτώματα λοιμωδών νόσων, τα οποία είναι δυνατόν να μεταδοθούν μέσω του γάλακτος στον άνθρωπο.

β) τα οποία βρίσκονται σε καλή γενική κατάσταση υγείας και δεν παρουσιάζουν κανένα σύμπτωμα νόσου, το οποίο μπορεί να προκαλέσει μόλυνση του γάλακτος και ιδίως δεν πάσχουν από μόλυνση της ουρογεννητικής οδού με απέκκριμα από εντερίτιδα με εμπύρετη διάρροια ή από εμφανή φλεγμονή του μαστού.

γ) τα οποία δεν παρουσιάζουν πληγές μαστού που είναι δυνατό να αλλοιώσουν το γάλα.

δ) στα οποία δεν έχουν χορηγηθεί μη επιτρεπόμενες ουσίες ή προϊόντα και δεν έχουν υποβληθεί σε παράνομη αγωγή κατά την έννοια της οδηγίας 96/23 ΕΚ και

ε) για τα οποία σε περίπτωση που τους έχουν χορηγηθεί επιτρεπόμενες ουσίες ή προϊόντα έχουν τηρηθεί οι οριζόμενες προθεσμίες αναμονής για αυτές τις ουσίες ή προϊόντα.

(ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο 1 σημείο 1 α),β),γ),δ),ε)) & ΕΚ 1662/2006 (1α) & (2)

Επιπλέον, χρειάζεται τα ζώα να είναι απαλλαγμένα από βρουκέλλωση και φυματίωση σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 853/2004, καθώς το νωπό γάλα θα πρέπει, αφού υποστεί θερμική επεξεργασία, να παρουσιάζει αρνητική αντίδραση στη δοκιμασία φωσφατάσης. (1.ζ) Συγκεκριμένα, το νωπό αγελαδινό γάλα θα πρέπει να έχει σωματικά κύτταρα λιγότερα από 400.000 ανά mL.(1.θ)

Καθώς επίσης, αυτό που χρησιμοποιείται για τα γαλακτοκομικά προϊόντα θα πρέπει να έχει περιεκτικότητα σε μικρόβια μικρότερη των 300.000 ανά mL, σε θερμοκρασία

30°C και το μεταποιημένο γάλα αγελάδων που χρησιμοποιείται για γαλακτοκομικά προϊόντα θα πρέπει να έχει περιεκτικότητα σε μικρόβια μικρότερη των 100.000 ανά mL σε θερμοκρασία 30°C.(1.η)

Τόσο η ανάλυση της αλκαλικής φωσφατάσης όσο και η εύρεση των σωματικών κυττάρων λαμβάνουν χώρα στον ΕΚ 1664/2006 (31). Ο υπεύθυνος της επιχείρησης ζητά και λαμβάνει για το νωπό γάλα, από κάθε προμηθευτή του, βεβαίωση της αρμόδιας κτηνιατρικής αρχής για το καθεστώς της υγείας των ζώων από τις εκτροφές που παραλαμβάνει γάλα.

Με την επιφύλαξη της οδηγίας 96/32/ΕΚ, οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων τροφίμων κινούν διαδικασίες, ώστε να διασφαλίζουν ότι το νωπό γάλα δεν διατίθεται στην αγορά εφόσον:

α) περιέχει κατάλοιπα αντιβιοτικών σε ποσότητα η οποία όσον αφορά οποιαδήποτε από τις ουσίες που απαριθμούνται στα παραρτήματα I & II του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθμού 2377/90 υπερβαίνει τα επιτρεπόμενα δυνάμει του εν λόγω κανονισμού επίπεδα ή

β) το σύνολο των διαφόρων καταλοίπων αντιβιοτικών ουσιών υπερβαίνει κάποια μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή

Ακόμα, η παρουσία αντιβιοτικών στο γάλα δυσχεραίνει την παραγωγή του γιαουρτιού, γεγονός που οδηγεί στην ποιοτική υποβάθμισή του και στην καταστροφή του προϊόντος, μέχρι και στην ανάπτυξη επικίνδυνων για τον άνθρωπο μικροοργανισμών. Ο έλεγχος της παρουσίας υπολειμμάτων αντιβιοτικών στο νωπό γάλα, με προσδιορισμένη συχνότητα αποτελεί νομοθετική υποχρέωση του υπεύθυνου της γαλακτοβιομηχανίας. (15)

Τα ζώα στις εκμεταλλεύσεις θα πρέπει να υπόκεινται σε επίσημους ελέγχους προκειμένου να εξακριβώνεται αν τηρούνται οι υγειονομικές απαιτήσεις για την παραγωγή του νωπού γάλακτος και ιδίως για την κατάσταση των ζώων και τη χρήση των κτηνιατρικών φαρμάκων.

Διορθωτικό ΕΚ 854/2004 άρθρο 8 & παράρτημα IV (3)

Το γάλα λόγω της χημικής σύστασής του αποτελεί ένα εξαιρετικό θρεπτικό μέσο για την ανάπτυξη πολλών ειδών μικροοργανισμών, έχει υψηλό ποσοστό υγρασίας και ουδέτερο pH, παράγοντες που το καθιστούν στόχο μικροβιακών αλλοιώσεων από την στιγμή της έκκρισής του από ένα υγιές ζώο και κατά τη διάρκεια της συλλογής, αποθήκευσης, μεταφοράς και επεξεργασίας.

Λόγω των παραπάνω θα πρέπει να τηρείται η υγιεινή κατά την άλμεξη, τη συλλογή του γάλακτος και τη μεταφορά όπως αυτή αναφέρεται στον Ε.Κ.853/04 (1.δ), η υγιεινή του προσωπικού (1.ε) και η θερμική επεξεργασία (1.στ) σε εγκαταστάσεις που διασφαλίζεται ότι πληρούν τις απαιτήσεις του Ε.Κ. 852/04 (14), δηλαδή ότι τηρούν τα λειτουργικά προαπαιτούμενα και εφαρμόζουν HACCP (Hazard Analysis of Critical Control Points Ανάλυση Κίνδυνου των Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου).

Οι παράγοντες κινδύνου του γάλακτος και κατ'επέκταση και του γιαουρτιού είναι τριών ειδών (βιολογικοί, χημικοί και φυσικοί κίνδυνοι) καθώς αναλύονται παρακάτω:

α) Βιολογικοί κίνδυνοι

(salmonella, listeria monocytogenes, campylobacter jejuni, yersinia enterocolitica, singell spp, aeromonas hydrophila, Brucella spp., micobacterium bovis ή tuberculosis, εντεροπαθογόνα και βεροτοξινογόνα στελέχη E. Coli, bacillus cereus, παθογόνοι στρεπτόκοκκοι, θειοαναγωγικά κλωστρίδια)

Υπάρχουν κυρίως στο νωπό γάλα και μπορούν υπό ορισμένες συνθήκες να αναπτύσσονται και να πολλαπλασιάζονται. Ορισμένα μικρόβια μπορεί να βρεθούν και στα γιαούρτια, αν δεν θανατωθούν με τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος, αν ειδικοί παράγοντες και συνθήκες ευνοήσουν την επιβίωση ή /και την ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό τους ή εάν τα γιαούρτια επιμολυνθούν κατά τη διαδικασία της παραγωγής.

Ακόμα, μπορεί να αναπτυχθούν και ζύμες, μύκητες ως αποτέλεσμα επιμόλυνσης του γάλακτος και των προϊόντων του. Πηγές μόλυνσης είναι το περιβάλλον και ο άνθρωπος. Πηγές εισόδου: έντομα, τρωκτικά, πουλιά, άλλα ζώα, σκόνη απόβλητα, νερό, απορρίμματα, πρώτες ύλες, προσωπικό. (15) Η δειγματοληψία για μικροβιολογική ανάλυση αποτελεί δραστηριότητα του επίσημου ελέγχου, όπως είναι η επιθεώρηση, η εξέταση, η παρακολούθηση, η επιτήρηση σύμφωνα με το άρθρο 10 του ΕΚ 882/04 (28) και σκοπό έχει την επιβεβαίωση της συμμόρφωσης των επιχειρήσεων προς την ισχύουσα νομοθεσία.

Τα μικροβιολογικά κριτήρια για το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τον ΕΚ 2073/2005, παράρτημα Ι κεφάλαιο 2 παράγραφος 2.2 & ΕΚ 1441/2007, δηλαδή να γίνεται έλεγχος της αποτελεσματικότητας της θερμικής επεξεργασίας και της πρόληψης της επαναμόλυνσης καθώς και της ποσότητας των πρώτων υλών, ελέγχοντας τα Enterobacteriaceae στο παστεριωμένο γάλα και στα άλλα παστεριωμένα υγρά γαλακτοκομικών προϊόντων. (5) &(21)

Επίσης, στο άρθρο 3 του ΕΚ 2073/2005 σημείο 2 & ΕΚ 1441/2007 αναφέρεται ότι οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων τροφίμων που είναι αρμόδιοι για την παρασκευή προϊόντων διεξάγουν μελέτες σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙ. Ειδικότερα, αυτό εφαρμόζεται στα έτοιμα για κατανάλωση τρόφιμα που είναι δυνατόν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη της Listeria Monocytogenes και μπορεί να παρουσιάζουν κίνδυνο Listeria Monocytogenes για τη δημόσια υγεία. (5) & (21)

Όταν τα αποτελέσματα της ανάλυσης υπερβούν τα νομοθετικά όρια για τα μικροβιολογικά κριτήρια του ΕΚ 2073/2005 & ΕΚ 1441/2007, τότε ακολουθούνται οι ενέργειες που περιγράφονται στο Νόμο 4235/2014. (29) Επίσης, όλες οι επιχειρήσεις είναι υπεύθυνες να τηρούν τους γενικούς κανόνες ασφάλειας των τροφίμων όπως αναφέρονται στον ΕΚ 178/2002 (30). Σε περίπτωση που χαρακτηριστούν δείγματα μη ασφαλή και επιβλαβή για τη δημόσια υγεία, όταν η δειγματοληψία γίνει βάσει του ΕΚ 178/2002, τότε ακολουθούνται οι ενέργειες που περιγράφονται στο Νόμο 4235/2014. (29)

β) Χημικοί κίνδυνοι :

Υπολείμματα Γεωργικών φυτοφαρμάκων (εντομοκτόνα, παρασιτοκτόνα, μυκητοκτόνα, λιπάσματα)

Για τα ανώτατα όρια καταλοίπων φυτοφαρμάκων μέσα η πάνω στα τρόφιμα, σύμφωνα με τον ΕΚ 396/2005 (10), τη ρύθμιση 459/2010 (32) & ΕΚ 199/2006 (9), ώστε να εξασφαλιστεί συμμόρφωση με τα ανώτατα όρια υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων και να εκτιμηθεί η έκθεση του καταναλωτή στα υπολείμματα φυτοφαρμάκων μέσα και πάνω στα τρόφιμα σύμφωνα με τον ΕΚ 788/2012. (11)

Υπολείμματα Κτηνιατρικών Φαρμάκων (αντιβιοτικά, αντιμικροβιακοί παράγοντες, (ΕΕ) 37/2010 (4), ορμόνες 96/22 /ΕΚ (36) & αυξητικοί παράγοντες (37 & 38 & 39). Οι ουσίες αυτές προέρχονται από εφαρμογή μη ορθών πρακτικών στην πρωτογενή παραγωγή και μπορεί να περάσουν στο γάλα και στη συνέχεια να επιμολύνουν τα τελικά προϊόντα.

Περιβαλλοντικοί ρυπαντές (βαρέα μέταλλα, ραδιενεργές ουσίες, διοξίνες, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες).

Τόσο στο γάλα όσο και στο γιαούρτι θα πρέπει να γίνονται έλεγχοι:

α) για τα επίπεδα του μολύβδου, καδμίου, υδραργύρου, ανόργανου κασσίτερου, 3-μονοχλωροπροπανοδιολης και βενζοπυρενίου σύμφωνα με τον ΕΚ 333/2007. (6)

β) για τον καθορισμό μέγιστων επιτρεπτών επιπέδων για ορισμένες ουσίες όπως αφλατοξίνες, βαρέα μέταλλα, διοξίνες και PCB's, οι οποίες επιμολύνουν τα τρόφιμα ΕΚ 1881/2006. (6) & (7)

Ουσίες που προέρχονται από τη ρύπανση του περιβάλλοντος και μπορεί να επιμολύνουν το γάλα και κατ' επέκταση τα γιαούρτια.

Απολυμαντικά, απορρυπαντικά, εντομοκτόνα, φάρμακα καταπολέμησης τρωκτικών. Οι ουσίες αυτές προέρχονται από μη ορθή εφαρμογή του προγράμματος καθαρισμού - απολύμανσης, εντομοκτονίας - μυοκτονίας ή/και λανθασμένης αποθήκευσής τους, οπότε μπορεί να μολύνουν τα τρόφιμα κατά την παραγωγική διαδικασία. (15)

Λιπαντικά, χρώματα, σκουριές. Ουσίες από μη εφαρμογή ορθών πρακτικών υγιεινής κατά τη διαδικασία συντήρησης του κτιρίου και του εξοπλισμού και μπορεί να ρυπάνουν τα τρόφιμα (13).

Λοιπές τοξικές ουσίες. Οι ουσίες αυτές μπορεί να μεταναστεύσουν από τις μηχανές και τα υλικά συσκευασίας και να επιμολύνουν τα τρόφιμα (15).

Όσον αφορά τα υλικά συσκευασίας αυτά θα πρέπει να είναι κατάλληλα για τρόφιμα και να εξασφαλιστεί ότι δεν γίνεται μεταφορά υλικού στο τρόφιμο. Για τον λόγο αυτό παρέχεται στο υπεύθυνο της επιχείρησης :

α) βεβαίωση ή πιστοποιητικό καταλληλότητας

β) δήλωση συμμόρφωσης για τα υλικά συσκευασίας

γ) συνοδευτικά έγγραφα όπου αναφέρουν την ονομασία του προϊόντος, τον αριθμό παρτίδας, την ημερομηνία παραγωγής και λήξης και τη σύνθεσή του

δ) θα πρέπει να ζητούνται και χημικές αναλύσεις των υλικών συσκευασίας.

Μυκοτοξίνες στις οποίες περιλαμβάνονται και οι αφλατοξίνες. Οι ουσίες αυτές δημιουργούνται από κακή αποθήκευση ζωοτροφών, περνούν στο γάλα και στην συνέχεια και στα γιαούρτια μετά από έντονη ανάπτυξη μυκήτων σε αυτά. (7)

Πρόσθετα: η αυξημένη αναλογία των πρόσθετων ή η προσθήκη μη επιτρεπτών προσθέτων που προστίθενται στη συνταγή του γιαουρτιού μπορεί να αποτελέσουν χημικό κίνδυνο. Γι' αυτό θα πρέπει να εφαρμόζεται ο ΕΚ 1333/2008 & (ΕΕ) 1129/2011 & ΚΤΠ (22) & (23) & (24). Θα πρέπει επίσης να είναι σύμφωνα με την νομοθεσία των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων ΕΕ 503/2013 (40).

γ) Φυσικοί κίνδυνοι:

Ξύλο από εργαλεία, σκεύη, μέταλλα από βίδες, σύρματα, γρέζια, κοσμήματα, πλαστικό από γάντια, υλικά συσκευασίας, έντομα και σκόνη από το περιβάλλον, τρίχες και νύχια από το προσωπικό, χρώματα και σκουριές από φθορά κτιρίου και του εξοπλισμού.

Η παρουσία ξένων σωμάτων στα τρόφιμα μπορεί να είναι αποτέλεσμα μη τήρησης ορθής υγιεινής πρακτικής κατά τη διαδικασία της παραγωγής, μη τήρησης κανόνων υγιεινής από το προσωπικό ή / και έλλειψης συντήρησης της κτιριακής εγκατάστασης και του εξοπλισμού. (15)

Τέλος, το γάλα που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη θα πρέπει να πληρεί τον ΕΚ 1308/2013. (35) Όσον αφορά την παστερίωση του γάλακτος 72°C για 15 s ή 63°C τουλάχιστον για 30 min ή οποιοδήποτε άλλο συνδυασμό συνθηκών χρόνου και θερμοκρασίας που επιτυγχάνει το αντίστοιχο αποτέλεσμα. (2α)

Γενικά, σε όλα τα στάδια από τη συλλογή γάλακτος μέχρι και το ψυγείο του καταναλωτή δεν θα πρέπει να σπάσει η αλυσίδα ψύξης του γάλακτος - γιαουρτιού. (33) & (14α) Εννοείται ότι όλα τα όργανα με τα οποία γίνονται οι έλεγχοι πρέπει να είναι διακριβωμένα. (34)

Το νερό που χρησιμοποιείται στην επιχείρηση θα πρέπει να έχει τις προδιαγραφές πόσιμου νερού, όταν χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των χώρων της εγκατάστασης, των εργαλείων, των σκευών, των μηχανημάτων και το πλύσιμο των χεριών βάσει του ΦΕΚ 3282/Β/2017.

Οι επιχειρήσεις επίσης θα πρέπει να κάνουν σωστή διαχείριση των απορριμμάτων σύμφωνα με τον ΕΚ 1069/2009 & ΕΚ 142/2011 (19) & (20).

6.1

FAO/WHO, Codex Alimentarius: Milk and milk products. Food and Agriculture Organization of the United Nations – World Health Organization, Rome, 2011

Sozzi T. and Smiley M. B., Antibiotic resistances of yogurt starter cultures *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. Applied Environmental Microbiology 40: 862 – 865, 1980

Κεχαγιάς Χ., Ευνοϊκές επιδράσεις στην υγεία από τη χρησιμοποίηση μικροοργανισμών στα ζυμούμενα γάλατα και διαμόρφωση νέου πλαισίου για την περιγραφή τους, Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συμποσίου Υγιεινής και Τεχνολογίας Τροφίμων, Αθήνα, 2004

Μάντης Αντ., Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλατος και των προϊόντων του, Εκδόσεις Κυριακίδη (2η έκδοση), Θεσσαλονίκη, 1993

6.2

1. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. **853/2006** ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 9ης Ιουνίου 2006 για έκδοση πιστοποιητικών εισαγωγής για τα βόεια κρέατα εκλεκτής ποιότητας, νωπά, διατηρημένα με απλή ψύξη ή κατεψυγμένα,

1α. ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο 1 σημείο 1 α),β),γ),δ),ε)

1.β ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο 1 σημείο Γ. παρ. 4 α) και β

1.γ ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο 2

1.δ ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο ΙΙ σημείο Β

1.ε ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο ΙΙ σημείο Γ

1.στ ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο ΙΙ σημείο 1.ΙΙ

1.ζ ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο 1 σημείο 3 παρ.βii

1.η ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο ΙΙ σημείο ΙΙ 1α, 1β.

1.θ ΕΚ 853/2004, παράρτημα ΙΙΙ, Τμήμα ΙΧ κεφάλαιο 1 σημείο ΙΙΙ παρ.2i

2. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1662/2006 της Επιτροπής, της 6ης Νοεμβρίου 2006, για τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

2α (ΕΚ) 1662/2006 παράρτημα ΙΙ, Κεφ. ΙΙ, τμήμα ΙΙ, παράγραφος 2 i, ii, iii.

3. Διορθωτικό στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 854/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 29ης Απριλίου 2004, για τον καθορισμό ειδικών διατάξεων για την οργάνωση των επίσημων ελέγχων στα προϊόντα ζωικής προέλευσης που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο (ΕΕ L 139 της 30.4.2004), άρθρο 8 & παράρτημα ΙV

4. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 37/2010 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 22ας Δεκεμβρίου 2009 σχετικά με φαρμακολογικώς δραστικές ουσίες και την ταξινόμησή τους όσον αφορά τα ανώτατα όρια καταλοίπων στα τρόφιμα ζωικής προέλευσης (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

5. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 15ης Νοεμβρίου 2005 περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ), παράρτημα Ι κεφάλαιο 2 παράγραφος 2.2

6. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 333/2007 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 28ης Μαρτίου 2007 για τον καθορισμό μεθόδων δειγματοληψίας και ανάλυσης για τον επίσημο έλεγχο των επιπέδων μολύβδου, καδμίου, υδραργύρου, ανόργανου κασσιτέρου, 3-μονοχλωροπροπανοδιόλης και βενζο[α]πυρενίου στα τρόφιμα (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

7. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1881/2006 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 19ης Δεκεμβρίου 2006 για καθορισμό μέγιστων επιτρεπτών επιπέδων για ορισμένες ουσίες οι οποίες επιμολύνουν τα τρόφιμα (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) (ΕΕ L 364 της 20.12.2006, σ. 5) Παράρτημα.

8. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1883/2006 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 19ης Δεκεμβρίου 2006 για καθορισμό των μεθόδων δειγματοληψίας και ανάλυσης για τον επίσημο έλεγχο των επιπέδων των διοξινών και των παρόμοιων με τις διοξίνες PCBs σε ορισμένα τρόφιμα (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

9. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 199/2006 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 3ης Φεβρουαρίου 2006 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 466/2001 για τον καθορισμό μέγιστων τιμών ανοχής για ορισμένες προσμείξεις στα τρόφιμα όσον αφορά τις διοξίνες και τα παρόμοια με τις διοξίνες πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

10. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 396/2005 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Φεβρουαρίου 2005 για τα ανώτατα όρια καταλοίπων φυτοφαρμάκων μέσα η πάνω στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές φυτικής και ζωικής προέλευσης και για την τροποποίηση της οδηγίας 91/414/ΕΟΚ του Συμβουλίου (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

11. ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 788/2012 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 31ης Αυγούστου 2012 για ένα συντονισμένο πολυετές πρόγραμμα ελέγχου της Ένωσης για τα έτη 2013, 2014 και 2015 ώστε να εξασφαλιστεί συμμόρφωση με τα

ανώτατα όρια υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων και να εκτιμηθεί η έκθεση του καταναλωτή στα υπολείμματα φυτοφαρμάκων μέσα και πάνω στα τρόφιμα φυτικής και ζωικής προέλευσης (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) (ΕΕ L 235 της 1.9.2012, σ. 8)

ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

12. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) ΑΡΙΘ. 1935/2004 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 27ης Οκτωβρίου 2004 σχετικά με τα υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα και με την κατάργηση των οδηγιών 80/590/ΕΟΚ και 89/109/ΕΟΚ

13. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 10/2011 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 14ης Ιανουαρίου 2011 για τα πλαστικά υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) (ΕΕ L 12 της 15.1.2011, σ. 1)

14. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 852/2004 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 29ης Απριλίου 2004 για την υγιεινή των τροφίμων (ΕΕ L 139 της 30.4.2004, σ. 1)

14 α ΕΚ 852/04 άρθρο 1, παρ 1γ και παράρτημα ΙΙ Κεφ.Ι, παρ.2δ και ΚΕΦ. ΙΧ παρ.5

15. Γενικός οδηγός για την εφαρμογή συστήματος βάσει των αρχών του HACCP σε μικρές Γαλακτοκομικές Επιχειρήσεις ΕΦΕΤ Αθήνα 2012

ΝΕΡΟ

16. ΦΕΚ 3282/Β'/2017 Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3ης Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (L260, 7.10.2015).

ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

17. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 1282/2011 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 28ης Νοεμβρίου 2011 για την τροποποίηση και τη διόρθωση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 10/2011 για τα πλαστικά υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

18. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) άρθρο 26 Πλαστικά υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έλθουν σε επαφή με τα τρόφιμα. 2009

ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

19. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 21ης Οκτωβρίου 2009 περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για

κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα)

20. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 142/2011 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 25ης Φεβρουαρίου 2011 για την εφαρμογή του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την εφαρμογή της οδηγίας 97/78/ΕΚ του Συμβουλίου όσον αφορά ορισμένα δείγματα και τεμάχια που εξαιρούνται από κτηνιατρικούς ελέγχους στα σύνορα οι οποίοι αναφέρονται στην εν λόγω οδηγία (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

21. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθμ. 1441/2007 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 5ης Δεκεμβρίου 2007 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Επιτροπής περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα

ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΥΛΕΣ

22. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1333/2008 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Δεκεμβρίου 2008 που αφορά τα πρόσθετα τροφίμων

23. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 1129/2011 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 11ης Νοεμβρίου 2011 για την τροποποίηση του παραρτήματος ΙΙ του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1333/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου με την κατάρτιση ενωσιακού καταλόγου για τα πρόσθετα τροφίμων

24. Κ.Τ.Π. ΜΕΡΟΣ Α 2009 Κεφάλαιο ΙΙΙ Πρόσθετες Ύλες Τροφίμων άρθρα (29 - 36α)

ΒΡΟΥΚΕΛΛΩΣΗ – ΦΥΜΑΤΙΩΣΗ

25. Φυματίωση βοοειδών – ΥΑ 258733/17-07-2007 (ΦΕΚ Β` 1216)

26. Βρουκέλλωση βοοειδών – ΥΑ 258734/17-07-2007 (ΦΕΚ Β` 1216)

27. Βρουκέλλωση αιγοπροβάτων – ΥΑ 4888/130873/31-12-2012 (ΦΕΚ Β` 3545)

28. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 882/2004 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 29ης Απριλίου 2004 για τη διενέργεια επισήμων ελέγχων της συμμόρφωσης προς τη νομοθεσία περί ζωοτροφών και τροφίμων και προς τους κανόνες για την υγεία και την καλή διαβίωση των ζώων άρθρο 10.

ΚΥΡΩΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

29. ΝΟΜΟΣ ΥΠ ΑΡΙΘ. 4235 ΦΕΚ Α 32/11.2.1014 Διοικητικά μέτρα, διαδικασίες και κυρώσεις στην εφαρμογή της ενωσιακής και εθνικής νομοθεσίας στους τομείς των τροφίμων, των ζωοτροφών και της υγείας και προστασίας των ζώων και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

30. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 178/2002 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 28ης Ιανουαρίου 2002 για τον καθορισμό των γενικών αρχών και απαιτήσεων της νομοθεσίας για τα τρόφιμα, για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων και τον καθορισμό διαδικασιών σε θέματα ασφαλείας των τροφίμων

31. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1664/2006 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 6ης Νοεμβρίου 2006 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2074/2005 σχετικά με μέτρα εφαρμογής για ορισμένα προϊόντα ζωικής προέλευσης που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την κατάργηση ορισμένων μέτρων εφαρμογής

32. REGULATIONS COMMISSION REGULATION (EU) No 459/2010 of 27 May 2010 amending Annexes II, III and IV to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for certain pesticides in or on certain products

33. ΚΤΠ ΑΡΘΡΟ 62 διατηρηημένα δι' απλής ψύξεως ή καταψύξεως νωπά τρόφιμα

34. Κ.Υ.Α. 54477/2598 (ΦΕΚ 1399/Β'/2003) αποδοχή της συμφωνίας για τις διεθνείς μεταφορές ευπαθών τροφίμων σελ. 19555

35. Β ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 1308/2013 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 17ης Δεκεμβρίου 2013 για τη θέσπιση κοινής οργάνωσης των αγορών γεωργικών προϊόντων και την κατάργηση των κανονισμών (ΕΟΚ) αριθ. 922/72, (ΕΟΚ) αριθ. 234/79, (ΕΚ) αριθ. 1037/2001 και (ΕΚ) αριθ. 1234/2007 του Συμβουλίου (ΕΕ L 347 της 20.12.2013, σ. 671)

36. ΟΔΗΓΙΑ 96/22/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 29ης Απριλίου 1996 περί λήψεως μέτρων ελέγχου για ορισμένες ουσίες και τα κατάλοιπά τους σε ζώντα ζώα και στα προϊόντα τους και καταργήσεως των οδηγιών 85/358/ΕΟΚ και 86/469/ΕΟΚ και των αποφάσεων 89/187/ΕΟΚ και 91/664/ΕΟΚ (ΕΕ L 125 της 23.5.1996, σ. 10)

37. Οδηγία 70/524/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 23ης Νοεμβρίου 1970 περί των προσθέτων υλών στη διατροφή των ζώων

38. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1831/2003 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 22ας Σεπτεμβρίου 2003 για τις πρόσθετες ύλες που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

39. ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

40. ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 503/2013 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 3ης Απριλίου 2013 σχετικά με τις αιτήσεις έγκρισης γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων και ζωοτροφών, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1829/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, και την τροποποίηση των κανονισμών της Επιτροπής (ΕΚ) αριθ. 641/2004 και (ΕΚ) αριθ. 1981/2006 (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ)

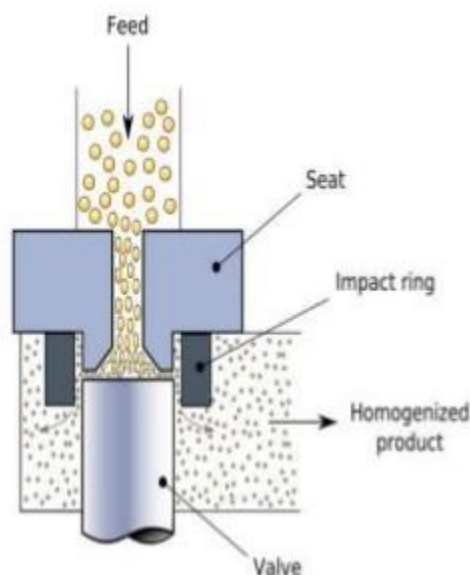
Κεφάλαιο 7: Καινοτόμες μέθοδοι για την παραγωγή γιαουρτιού

Στις βιομηχανίες των τροφίμων όπως και στις περισσότερες βιομηχανίες, χρειάζεται να αναπτύσσονται καινοτόμες μέθοδοι είτε παραγωγής, είτε χρήσης υλικών, είτε και ασφάλειας, επειδή με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εξελιχθεί μία βιομηχανία. Επίσης, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και των επιστημών, μπορούν να βρεθούν νέες μέθοδοι όσον αφορά την επεξεργασία του γάλακτος όπως είναι η χρήση υπερυψηλής πίεσης, η χρήση μικρορευστοποίησης, υπερήχων υψηλής έντασης κ.α. Για τον λόγο αυτό, στη συνέχεια θα αναφερθούν οι περισσότερες νεωτεριστικές/καινοτόμες μέθοδοι επεξεργασίας που βρέθηκαν, καθώς και θα αναλυθούν εκτενέστερα.

Ομογενοποίηση με χρήση υπερυψηλής πίεσης

Η ομογενοποίηση αποτελεί ένα πολύ βασικό στάδιο στην επεξεργασία του γάλακτος και εφαρμόζεται από τα πολύ παλιά χρόνια. Η διεργασία λαμβάνει χώρα συνήθως έως τα 30 MPa, αλλά τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί η χρήση πιέσεων έως και 400 MPa. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ομοιομορφία στο μέγεθος των λιποσφαιριδίων και μερική μετουσίωση των πρωτεϊνών, ενώ ταυτόχρονα απενεργοποιούνται τα ένζυμα και οι μικροοργανισμοί. Αναλυτικότερα, η ομογενοποίηση με υπερυψηλή πίεση (High Pressure Homogenization) μειώνει σε

μεγάλο βαθμό το μέγεθος των λιποσφαιριδίων, με αποτέλεσμα την προσρόφιση των καζεϊνών και κάποιων πρωτεϊνών του ορού στην επιφάνεια των λιποσφαιριδίων, γεγονός το οποίο επιτρέπει στα λιποσφαιρίδια να συμμετέχουν στο πρωτεϊνικό πλέγμα κατά το σχηματισμό του πήγματος.



Ακόμα, με την ομογενοποίηση με υπερυψηλή πίεση υπάρχει η δυνατότητα να βελτιωθεί η υφή και η αίσθηση του λίπους στα γιαούρτια χαμηλών λιπαρών, όμως στα γιαούρτια χωρίς λίπος έχει αρνητικά αποτελέσματα όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του αναμεμιγμένου γιαουρτιού, η επίδραση της ομογενοποίησης με υπερυψηλή πίεση στο περιεχόμενο λίπος ήταν εμφανής. Η υφή του αναμεμιγμένου γιαουρτιού χωρίς λιπαρά επηρεάστηκε αρνητικά σε σχέση με αυτό που είχε υποστεί τη συμβατική ομογενοποίηση, ενώ σε αυτό με χαμηλά λιπαρά, η τελική υφή έμοιαζε με εκείνη του δείγματος αναφοράς.

Οι διαφορές στη ρεολογία του τελικού προϊόντος όπως είναι λογικό ήταν εμφανείς και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, αφού το γιαούρτι χωρίς λιπαρά παρουσίασε μη επιθυμητά χαρακτηριστικά, ενώ το γιαούρτι χαμηλών λιπαρών παρουσίασε όλα τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως την κρεμώδη υφή, τη λεία επιφάνεια και τη συνοχή. Στην περίπτωση του συνεκτικού γιαουρτιού, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων που είχαν επεξεργαστεί με ομογενοποίηση υπερυψηλής πίεσης δεν παρουσίασαν τόσο μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με τα δείγματα που είχαν επεξεργαστεί με τη συμβατική μέθοδο ομογενοποίησης.

Επεξεργασία γάλακτος με χρήση υπερυψηλής πίεσης (UHP)

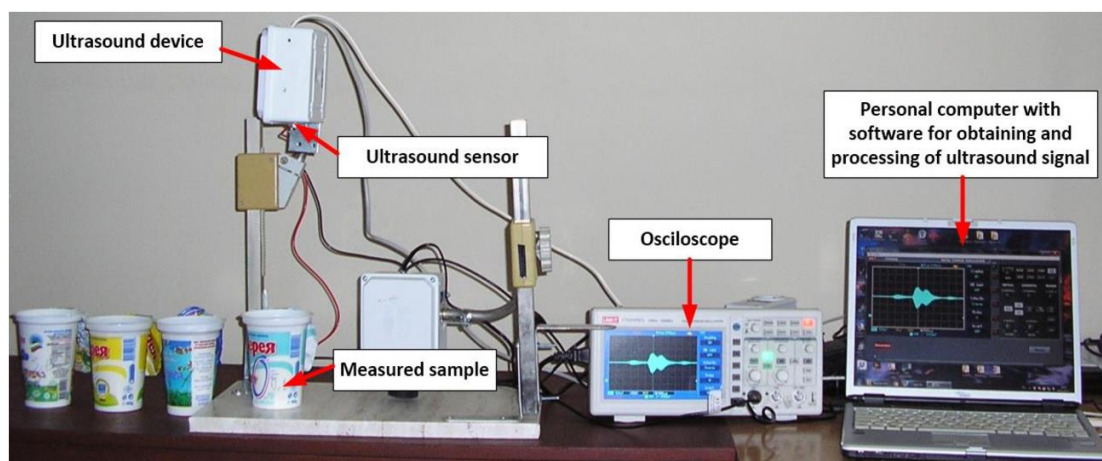
Η τεχνολογία της υπερυψηλής πίεσης (Ultra high pressure), χρησιμοποιείται σήμερα για την επεξεργασία ενός μεγάλου εύρους τροφίμων, όπως το κρέας, τα λαχανικά

κλπ., με σκοπό την αύξηση της διάρκειας ζωής τους. Αποτελεί μία μη θερμική μέθοδο η οποία δεν απαιτεί παστερίωση, καθώς σύμφωνα με μελέτες, όσον αφορά τη μικροβιακή ποιότητα του γάλακτος, η επεξεργασία του γάλακτος σε πιέσεις 400-600 MPa για 10min στους 25°C επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα με την παστερίωση στους 72°C για 15s. Επιπλέον, με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η αποσύνθεση των καζεϊνικών μικηλίων σε μικρότερα σωματίδια και η αύξηση της ποσότητας των καζεϊνών και του φωσφορικού ασβεστίου στην υδατική φάση.

Σε πιέσεις μεγαλύτερες των 500 MPa πραγματοποιείται μετουσίωση πολλών πρωτεϊνών του ορού γάλακτος, ιδιαίτερα της β-γαλακτογλοβουλίνης και της α-γαλακταλβουμίνης. Σε σχέση με τα συμβατικά γιαούρτια, με τη χρήση υπερυψηλής πίεσης κατά την παραγωγή βελτιώνεται η σταθερότητα και η υφή του πηγματος, μειώνεται η συναίρεση, καθώς επίσης αυξάνεται η ικανότητα συγκράτησης του νερού.

Επεξεργασία γάλακτος με χρήση υπερήχων υψηλής έντασης (US)

Η επεξεργασία με υπερήχους (Ultrasound), αποτελεί μία αναδύομενη τεχνολογία για την επεξεργασία υγρών τροφίμων, ως υποκατάστατο της θερμικής επεξεργασίας. Υπάρχουν δύο ευρείες κατηγορίες υπερήχων ανάλογα με τη συχνότητα που χρησιμοποιείται: υψηλή συχνότητα (2-10 MHz) και χαμηλή συχνότητα (20-100 kHz). Η τεχνολογία των υπερήχων είναι χρήσιμη στην επεξεργασία τροφίμων για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και τη διαταραχή της δομής των σωματιδίων στο υγρό τρόφιμο. Η επεξεργασία με υπερήχους αποτελεί μία «καινοτόμο» τεχνολογία που μπορεί να αντικαταστήσει τη θερμική επεξεργασία αλλά και το στάδιο της ομογενοποίησης σε μία ενιαία μονάδα λειτουργίας.



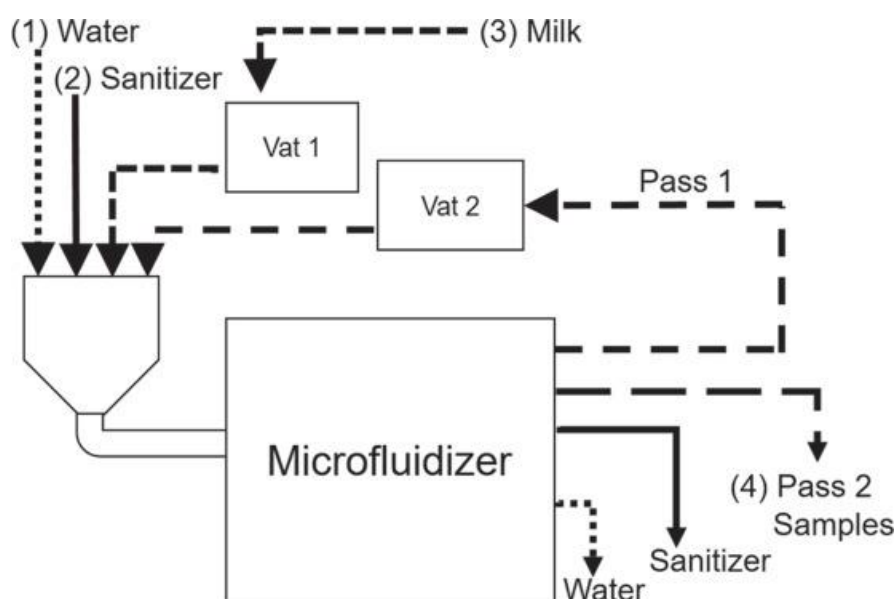
Η χρήση υπερήχων στις γαλακτοβιομηχανίες ενδείκνυται για την ομογενοποίηση του γάλακτος κατά την προεπεξεργασία αυτού, μειώνοντας το μέγεθος των λιποσφαιρίων και αποτρέποντας τη δημιουργία συσσωματωμάτων. Κατά την παραγωγή γιαουρτιού από ομογενοποιημένο γάλα με χρήση υπερήχων παρατηρείται επίσης μία αύξηση στο χρόνο ζύμωσης κατά τη διάρκεια της επώασης. Ως αποτέλεσμα είναι, το τελικό

προϊόν που παράγεται να έχει καλύτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με το γιαούρτι που παράγεται με τη συμβατική ομογενοποίηση.

Ακόμα, η εφαρμογή των υπερήχων στο γάλα φαίνεται να αυξάνει ταυτόχρονα και τη θερμοκρασία του γάλακτος, σε επίπεδα ικανά να προκαλέσουν τέτοιου είδους αλλαγές στα πρωτεϊνικά μόρια, οδηγώντας έτσι σε σταθερά πρωτεϊνικά πλέγματα και σε αύξηση του ιξώδους των παραγόμενων όξινων πηγμάτων. Τέλος, η αύξηση του ιξώδους, η αύξηση της ικανότητας συγκράτησης ύδατος στο πήγμα και η μείωση της συναίρεσης είναι τα κύρια χαρακτηριστικά των γιαουρτιών των οποίων το γάλα έχει ομογενοποιηθεί με χρήση υπερήχων.

Επεξεργασία γάλακτος με μικρορευστοποίηση (Microfluidization)

Η μικρορευστοποίηση περιλαμβάνει την κίνηση του ρευστού με υψηλή ταχύτητα μέσα σε ένα περιστροφικό σωλήνα που βρίσκεται εφαπτομενικά σε ένα θάλαμο κωνικού σχήματος. Ένας ορισμός που θα μπορούσε να δοθεί είναι πως ο μικρορευστοποιητής στην ουσία, είναι μία συσκευή η οποία προκαλεί ομογενοποίηση του γάλακτος μέσω διάτμησης, στροβιλισμού και σπηλαιώσης. Η διάμετρος των λιποσφαιριών μετά τη μικρορευστοποίηση είναι μικρότερη από 2 μm.



Σύμφωνα με μελέτες, το γιαούρτι από γάλα με 0% λιπαρά, παρουσιάζει αυξημένη συναίρεση, μειωμένο ιξώδες και χαμηλότερη σταθερότητα σε σύγκριση με το γιαούρτι από συμβατικά ομογενοποιημένο γάλα. Αντίθετα, γιαούρτι από μικρορευστοποιημένο γάλα χαμηλό σε λιπαρά (1.5%), είχε παρόμοια χαρακτηριστικά υφής και ιξώδους με εκείνο από το συμβατικά παρασκευασμένο γιαούρτι.

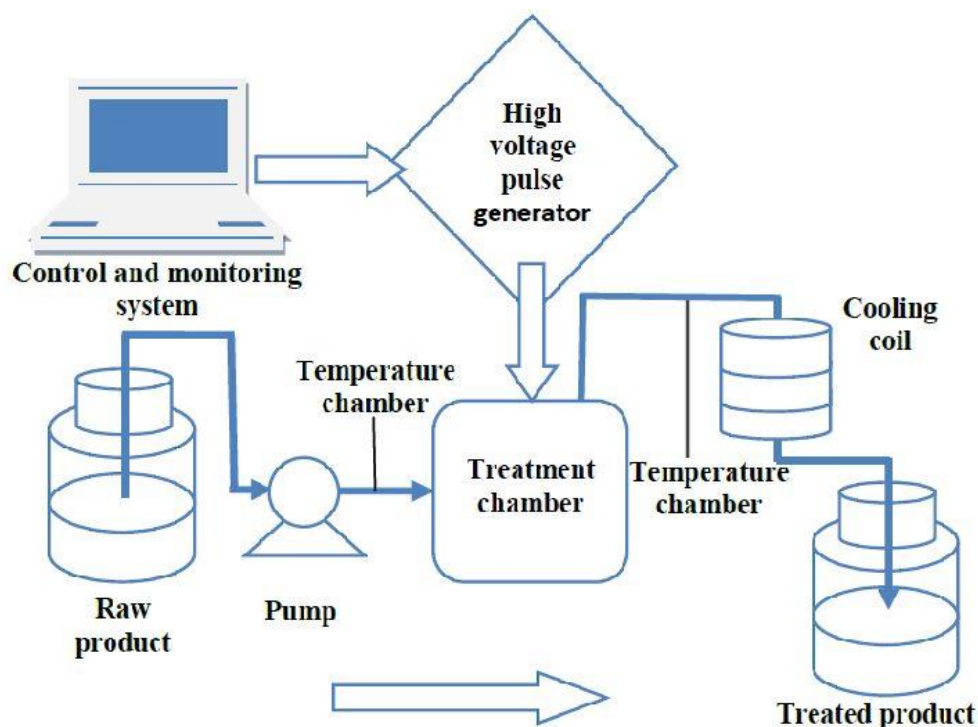
Επεξεργασία Γάλακτος με εφαρμογή παλμικών ηλεκτρικών πεδίων

Η λειτουργία των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (Pulsed Electric Field-PEF) περιλαμβάνει την έκθεση του προϊόντος σε έντονους ηλεκτρικούς παλμούς, μέσω ενός συνεχούς μέσου, για την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών. Η ένταση των πεδίων κυμαίνεται μεταξύ 15-50 kV/cm και η έκθεση των προϊόντων διαρκεί μόνο λίγα δευτερόλεπτα (1–5 s).

Με τη λειτουργία αυτή, είναι δυνατή η αποσταθεροποίηση των μικροβιακών κυττάρων λόγω της υψηλής έντασης που προκύπτει. Με τον τρόπο αυτό, η κυτταρική μεμβράνη γίνεται διαπερατή από τα συστατικά του κυττάρου, οπότε τα κύτταρα αυτά αποβάλλουν το περιεχόμενό τους.

Αναλυτικότερα, η διαδικασία αυτή βασίζεται σε παλμικά ηλεκτρικά ρεύματα που μεταφέρονται σε ένα προϊόν το οποίο είναι τοποθετημένο ανάμεσα σε ένα σύνολο ηλεκτροδίων. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων ορίζεται ως το κενό επεξεργασίας του θαλάμου PEF. Η εφαρμοζόμενη υψηλή τάση οδηγεί σε ηλεκτρικό πεδίο που προκαλεί απενεργοποίηση των μικροοργανισμών.

Το ηλεκτρικό πεδίο μπορεί να εφαρμοστεί με τη μορφή εκθετικά αποσυντιθέμενων, τετραγωνικών κυμάτων, διπολικών ή ταλαντωτικών παλμών και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ή σε χαμηλότερες ή ελαφρώς υψηλότερες από αυτήν. Μετά την επεξεργασία, το τρόφιμο συσκευάζεται ασηπτικά και αποθηκεύεται υπό ψύξη.

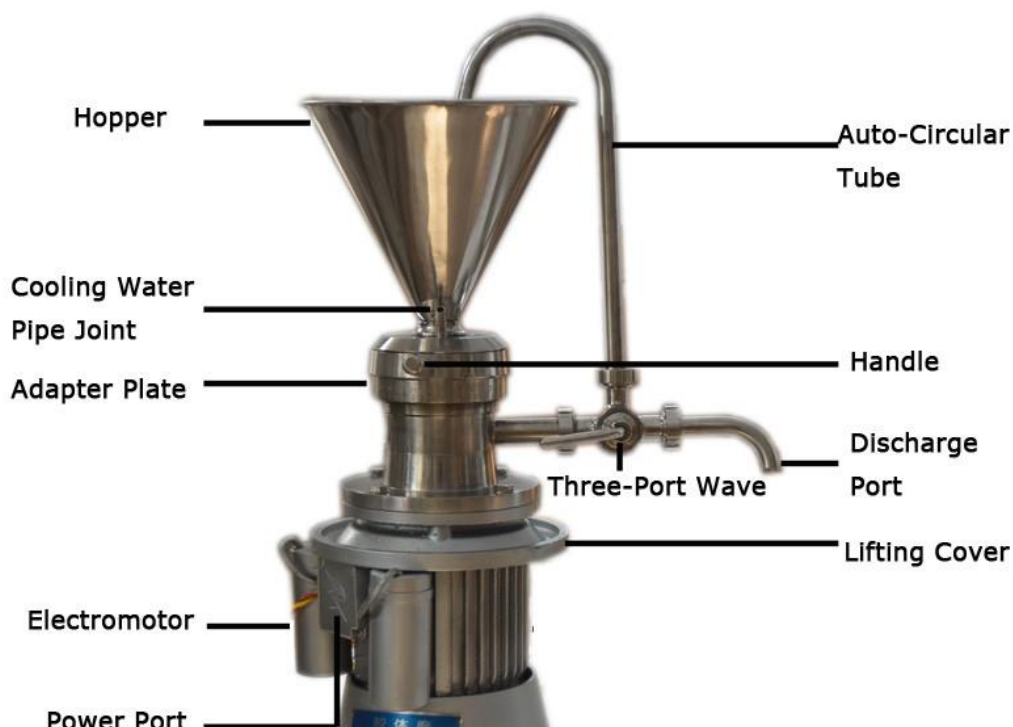


Ακόμα, η εφαρμογή γίνεται σε ένα προϊόν που συγκρατείται από δύο ηλεκτρόδια εντός ενός θαλάμου. Το τρόφιμο, πλέον είναι ικανό να μεταφέρει ηλεκτρισμό λόγω

της παρουσίας πολλών ιόντων, δίνοντας έτσι στο προϊόν έναν ορισμένο βαθμό ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Έτσι, όταν εφαρμόζεται ένα ηλεκτρικό πεδίο, το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει στο υγρό τρόφιμο και μεταφέρεται σε κάθε σημείο του υγρού λόγω των φορτισμένων μορίων.

Η αποτελεσματικότητα των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων εξαρτάται από την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, από τη διάρκεια καθώς και από τον αριθμό των παλμών. Επίσης, έρευνες έχουν δείξει πως με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μείωση του μικροβιακού φορτίου, καθώς και παρόμοια ικανότητα συγκράτησης του νερού με το συμβατικά παρασκευασμένο γιαούρτι.

Μύλοι κολλοειδών



Οι μύλοι κολλοειδών (colloidmills) είναι μηχανές που χρησιμοποιούνται για τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων ή για τη μείωση του μεγέθους των σταγονιδίων σε γαλακτώματα. Χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία για την ομογενοποίηση τροφίμων με ενδιάμεσο και υψηλό ιξώδες. Οι μύλοι κολλοειδών λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες με περιστροφή μεταξύ 2000-18000 rpm και έχουν σχήμα δίσκου με πολύ μικρό κενό ενός στάσιμου και ενός καθέτου σε αυτό δίσκου.

Κατά τη διάρκεια της περιστροφής, οι μύλοι υψηλής ταχύτητας οδηγούν σε υψηλές διατμητικές τάσεις και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ομογενοποίηση. Οι υψηλότεροι ρυθμοί διάτμησης οδηγούν σε μικρότερα σταγονίδια της τάξης 1-5 μm, που είναι πιο ανθεκτικά στο διαχωρισμό του γαλακτώματος.

Χρήση ενζύμων

Η ενζυμική τροποποίηση της λειτουργικότητας των πρωτεϊνών των τροφίμων αποτελεί μία χρήσιμη μέθοδο λόγω της υψηλής εκλεκτικότητας που εμφανίζουν οι ενζυμικές αντιδράσεις, αλλά και της μείωσης του ενδεχόμενου εμφάνισης τοξικών παραπροϊόντων. Το πιο δημοφιλές ένζυμο στη βιομηχανία τροφίμων, που έχει παρουσιάσει θετική επίδραση τόσο στην υφή όσο και στη διατροφική αξία των τροφίμων, είναι η τρανσγλουταμινάση (TGase). Η χρήση της τρανσγλουταμινάσης στα ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα, όπως το γιαούρτι, έχει ως αποτέλεσμα την τροποποίηση της διαλυτότητας και της ικανότητας ενυδάτωσης των πρωτεϊνών, τη μεταβολή της σταθερότητας, του ιξώδους, της ικανότητας συγκράτησης νερού, της ικανότητας ζύμωσης, των γαλακτωματοποιητικών, ρεολογικών και μηχανικών ιδιοτήτων, και της μικροδομής του πηγματος, τόσο κατόπιν της παραγωγής του όσο και κατά τη διάρκεια αποθήκευσής του.

Επιπλέον, η επεξεργασία του γάλακτος με την τρανσγλουταμινάση μπορεί να επηρεάσει τη θρεπτική αξία και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά προϊόντων με χαμηλή λιποπεριεκτικότητα ή προϊόντων στα οποία δεν έχει γίνει εμπλουτισμός με στερεά (εκτός λιπαρών υλών), και να μειώσει τη διαθεσιμότητα αμινοξέων, όπως π.χ. της λυσίνης, και των λιπιδίων ή λιποδιαλυτών ουσιών, τα οποία ευθύνονται για χημικές αντιδράσεις υποβάθμισης της ποιότητας των προϊόντων αυτών.

Η μέθοδος της ενζυμικής τροποποίησης των πρωτεϊνών μέσω της τρανσγλουταμινάσης, αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας και επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων όπως το στάδιο εφαρμογής της, οι χρησιμοποιούμενες ενζυμικές συγκεντρώσεις, το υπόστρωμα του γάλακτος που θα χρησιμοποιηθεί και οι συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου στις οποίες θα πραγματοποιηθεί. Τέλος, η επίδραση της ενζυμικής επεξεργασίας του γάλακτος με τρανσγλουταμινάση στα φυσικοχημικά, ρεολογικά και δομικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού τύπου σετ, έχει μελετηθεί αρκετά για την περίπτωση του αγελαδινού γάλακτος, και σε μικρότερο βαθμό για το γίδινο γάλα, του οποίου τα προϊόντα γιαουρτιού χαρακτηρίζονται από χαμηλό φαινόμενο ιξώδες και συνεκτικότητα, σε σχέση με το γιαούρτι από γάλα αγελάδας.

Πίνακας 19: Επίδραση διαφόρων τεχνικών ομογενοποίησης στις ιδιότητες του γάλακτος και του γιαουρτιού

Επεξεργασία Γάλακτος	Είδος επεξεργασίας	Επίδραση στο γάλα	Επίδραση στο γιαούρτι
Συμβατική με πίεση		- Μείωση του μεγέθους	-Εισαγωγή των

	10-20 MPa	των λιποσφαιρίων - Σταθερότητα του γάλακτος ως γαλάκτωμα - Απορρόφηση των πρωτεϊνών του ορού στη μεμβράνη των λιποσφαιρίων	πρωτεϊνών ορού γάλακτος στη μήτρα των καζεϊνών -Μικρή αύξηση ιξώδους -Διευκόλυνση στο σχηματισμό του πήγματος
Επεξεργασία με υπερυψηλή πίεση (UHP)	100-1000 MPa	-Διάσπαση καζεϊνικών μικκυλίων - Απενεργοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών - Μερική μετουσίωση πρωτεϊνών του ορού	- Υψηλότερο ιξώδες - Μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης του νερού - Καλύτερα χαρακτηριστικά της υφής - Μικρότερη συναίρεση
Υπέρηχοι (US)	>20 kHz > 100W	- Μείωση μεγέθους λιποσφαιρίων -Μείωση μικροβιακού φορτίου -Σταθερό γαλάκτωμα - Αλληλεπίδραση πρωτεϊνών του ορού με μικκύλια και λιποσφαίρια	- Υψηλότερο ιξώδες - Μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης του νερού - Καλύτερα χαρακτηριστικά της υφής - Μικρότερη συναίρεση
Μικρορευστοποίηση (Microfluidization)	Διαχωρισμός γάλακτος σε 2 ρεύματα με μεγάλη ταχύτητα	Μείωση μεγέθους των λιποσφαιρίων	Σε γιαούρτι 0%: -Αύξηση συναίρεσης -Χαμηλό ιξώδες Σε γιαούρτι 1.5%: -Παρόμοια υφή με το συμβατικά παρασκευασμένο γιαούρτι
Παλμικό Ηλεκτρικό Πεδίο (PEF)	1-50 kV/cm για 1-8s	Μείωση μικροβιακού φορτίου	-Παρόμοια υφή και -Παρόμοια ικανότητα συγκράτησης του νερού με το συμβατικά παρασκευασμένο γιαούρτι

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται συγκριτικά τα διάφορα είδη των ομογενοποιητών:

	Throughput	Relative energy efficiency	Minimum droplet size	Sample viscosity
High-speed blender	Batch	Low	2 μm	Low to medium
Colloid mill	Continuous	Intermediate	1 μm	Medium to high
High-pressure homogenizer	Continuous	High	0.1 μm	Low to medium
Ultrasonic probe	Batch	Low	0.1 μm	Low to medium
Ultrasonic jet homogenizer	Continuous	High	1 μm	Low to medium
Microfluidization	Continuous	High	<0.1 μm	Low to medium
Membrane processing	Batch or continuous	High	0.3 μm	Low to medium

Βιβλιογραφία 7^{ου} Κεφαλαίου

Bermudez-Aguirre D., Mawson R., Versteeg K., Barbosa- Canovas G. V. (2009). Composition properties, physicochemical characteristics and shelf life of whole milk after thermal and thermosonication treatments. *Journal of Food Quality*, 32, 283-302

Ciron, C.I.E., Gee, V.L., Kelly, A.L., Auty, M.A.E., Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yogurts. *International Dairy Journal*, 20, 314–320, 2010

David B. Troy, ed. (2005). *Remington : The science and practice of pharmacy* (21st ed.). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins. p. 764

Domagała J., Wszoleka M., Tamime A.Y., Kupiec-Teahan B., The effect of transglutaminase concentration on the texture, syneresis and microstructure of set-type goat's milk yoghurt during the storage period. *Small Ruminant Research*, 154 - 161, 2013

Gillian E. Gardiner, R.P. Ross, Phil M. Kelly, C. Stanton, J. K. Collins, G. Fitzgerald, *Microbiology of therapeutic milks*, Dairy Microbiology Handbook, Third Edition, 2002

Gustavo F. Lopez, Gustavo V. Barbosa, *Food Science and Food Biotechnology In: Food Preservation Technology Series*, CRC Press, 2003

H.Q. Zhang, V. Gustavo, et. al., *Nonthermal Processing Technologies for Food*, Blackwell Publishing Ltd., 2011

Huppertz T., Homogenization of milk: high-pressure homogenizers, *Encyclopedia of dairy sciences*, 2nd Ed., J. W. Fuquay (Ed.), Academic Press, San Diego, USA, 755-760, 2011

Jaros D., Partschefeld C., Henle T., Rohm H., Transglutaminase in dairy products: Chemistry, Physics, Applications. *Journal of Texture Studies*, 37, 113-155, 2006

Jaros D., Rohm H., Transglutaminase. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences Vol. 2*, J. W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney (Eds.), 2nd Ed., 297-300, Academic Press, San Diego, USA, 2011

J. Chandrapala, B. Zisu, *Ultrasound Technology in Dairy Processing*, Chapter 1, Springer, 2018

Loveday S.M., Sarkar A., Singh H. (2013) Innovative yoghurt: novel processing technologies for improving acid milk gel texture. *Trends in Food Science & Technology*, 33, 5-20

McClements, David Julian (1999). *Food emulsions : principles, practice, and techniques* (2nd ed.). Boca Raton, Fla.: CRC Press. p. 170 – 175

Patrignani F., Burns P., Serrazanetti D., Vinderola G., Reinheimer J., Lanciotti R., Suitability of high pressure homogenized milk for the production of probiotic fermented milk containing lactobacillus paracasei and lactobacillus acidophilus. *Journal of Dairy Research*, 74-82, 2009

Robinson R.K., Haddadin M.S.Y., Milk quality requirements for yoghurt - making. In: *Improving the safety and quality of milk*, Vol. 2: *Improving quality of milk products*. Griffiths M.W. (Ed), CRC Press, 417-432, 2010

Sfakianakis P., Tzia C. (2014). Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor: A Review, *Food Science Journal* , 3 (1), 176–193

Sfakianakis P., Tzia C., Topakas E., Comparative Study on High-Intensity Ultrasound and Pressure Milk Homogenization: Effect on the Kinetics of Yogurt Fermentation Process., *Food and Bioprocess Technology* 1-10, 2014

Titapiccolo G. I., Corredig M., Alexander M. (2011). Acid coagulation behavior of homogenized milk: effect of interacting and non-interacting droplets observed by rheology and diffusing wave spectroscopy. *Dairy Science and Technology*, 91, 185-201

Κεφάλαιο 8: Πειραματικό Μέρος

8.1 Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παραγωγή τριών τύπων γιαουρτιού (συνεκτικού, αναμεμιγμένου και στραγγιστού) και η μελέτη της επίδρασης που έχει η θερμική κατεργασία του γάλακτος, το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε ως προς την περιεκτικότητα σε λιπαρά (πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο, αποβουτυρωμένο), η προσθήκη στερεών ενίσχυσης όπως η σκόνη ορού γάλακτος, η προσθήκη κόμμεων όπως η ξανθάνη καθώς και η χρήση καινοτόμων μεθόδων, με αποτέλεσμα την κατανόηση και τη μελέτη όλων των μεταβολών των χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος, δηλαδή του γιαουρτιού. Συγκεκριμένα, το γάλα που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό των πειραμάτων υποβλήθηκε σε δύο διαφορετικές θερμικές κατεργασίες. Η μία είναι η ήπια θερμική κατεργασία (83°C για 20 min) και η άλλη η έντονη (92.3°C για 5 min). Οι περισσότερες παράμετροι που εξετάζονται αφορούν κυρίως την εξέλιξη της ζύμωσης, η οποία παρακολουθείται μέσω της μεταβολής των τιμών του pH και του ιξώδους του πηγματος με τον χρόνο, καθώς επίσης μελετάται και η λανθάνουσα φάση, ο ρυθμός μείωσης του pH και ο ρυθμός αύξησης του ιξώδους μετά από προσαρμογή στο μοντέλο Gompertz.

Επιπλέον, μόλις το δείγμα φτάσει στην τελική τιμή του pH = 4.6 σημειώνεται και ο συνολικός χρόνος ή αλλιώς ο χρόνος ζύμωσης. Τέλος, όσον αφορά τα τελικά προϊόντα του γιαουρτιού, μελετήθηκαν οι ιδιότητες και διάφορα χαρακτηριστικά τους, όπως είναι το ιξώδες, οι αντικειμενικές παράμετροι υφής από τον αναλυτή υφής όπως η σκληρότητα, η συνεκτικότητα και η προσκολλησιμότητα, τα ρεολογικά χαρακτηριστικά από το ροόμετρο και τελικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού μετά από την αποθήκευση σε ψύξη στους 4°C.

8.2 Υλικά και συσκευές

8.2.1 Πρώτες Ύλες :

- Πλήρες αγελαδινό γάλα υψηλής παστερίωσης NOYNOY Family (3.6 % περιεκτικότητα σε λιπαρά)
- Ημιαποβουτυρωμένο αγελαδινό γάλα υψηλής παστερίωσης NOYNOY Family (1.5 % περιεκτικότητα σε λιπαρά)

- Αποβουτυρωμένο αγελαδινό γάλα υψηλής παστερίωσης NOYNOY Family (0 % περιεκτικότητα σε λιπαρά)
- Καλλιέργεια (μαγιά) Lyobac-D της MOFIN ALCE GROUP
- Σκόνη ορού γάλακτος Demineralised 90 της Burkle
- Ξανθάνη SIGMA-ALDRICH
- Καραγεννάνη SIGMA-ALDRICH

8.2.2 Όργανα και συσκευές :

- Υδατόλουτρο (GFL 1083, Labortechnik GmbH, Burgwedel, Germany)
- Επωαστήρας (SANYO Incubator MIR-153m, Japan)
- Αναλυτής Υφής (Texture Analyzer TA-XT2i, Stable Microsystems, UK και το κυλινδρικό στέλεχος Cylinder Probe TA3/1000
- Περιστροφικό ιξωδόμετρο (Brookfield / DV-II+ Pro, USA)
- Αναλυτικός ζυγός Precisa Series 620C
- Ροόμετρο (RHEO - 2000) μοντέλου MS-CC25 DIN/FTK της Brookfield - rheotec
- pH-μετρο 340i/SET 2A30 - 101T Clarkson Laboratory & Supply Inc., Germany
- pH-μετρο 3310/SET 2AA312 - Clarkson Laboratory & Supply Inc., Germany
- Αναδευτήρας (IKA – WERK) της JANKE & KUNKEL
- Υδατόλουτρο – Ανακινούμενο λουτρό μοντέλου GFL - 1083
- Εργαστηριακά σκεύη κοινής χρήσης :
 - Ποτήρια ζέσεως
 - Ογκομετρικοί κύλινδροι
 - Θερμόμετρο
 - Μεταλλικά δοχεία
 - Πλαστικά κύπελλα
 - Σιφόνιο των 5mL
 - Σπαθίδα

Εικόνα 1: Υδατόλουτρο – Ανακινούμενο λουτρό (αριστερά) και Επωαστήρας με pH-μετρα (δεξιά)



Εικόνα 2: Περιστροφικό ιξωδόμετρο (αριστερά) και εξαρτήματα ιξωδομέτρου (δεξιά)



8.3 Πειραματική Διαδικασία

8.3.1 Παραγωγή συνεκτικού (σετ) γιαουρτιού

1. Χωρίς προσθήκες (τυφλά δείγματα)

Αρχικά, το γάλα (πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο ή αποβουτυρωμένο) όγκου 1L τοποθετείται σε ξεχωριστά σκεύη και στη συνέχεια σε ανακινούμενο υδατόλουτρο όπου παστεριώνεται στους 82°C για 20 - 30 min ή στους 92.3°C για 5 - 10 min. Μετά από την ήπια ή την έντονη θερμική επεξεργασία, τοποθετείται το γάλα σε δοχείο με ψυχρό νερό για να κρυώσει και ελέγχεται με θερμομέτρο η θερμοκρασία ώστε να μην πέσει χαμηλότερα από τους 50 °C. Μόλις φτάσει η θερμοκρασία περίπου στους 50 °C, τότε προστίθεται η καλλιέργεια εκκίνησης σε αναλογία 1,5g / 1000mL.

Μετά από τη προσθήκη της μαγιάς, ακολουθεί ήπια ανάδευση με την χρήση αναδευτήρα και το ομογενοποιημένο μίγμα αδειάζεται σε πλαστικά κύπελλα. Έτσι, προκύπτουν δείγματα των 100mL και αυτά εισάγονται εντός του επωαστήρα, ο οποίος ρυθμίζεται σε τέτοιες συνθήκες ώστε τα δείγματα να παραμένουν συνεχώς σε σταθερή θερμοκρασία των 45 °C. Ακόμη, το ηλεκτρόδιο του ηλεκτρονικού pH-μέτρου εμβαπτίζεται σε ένα δείγμα που υφίσταται ζύμωση και ρυθμίζεται έτσι ώστε να καταγράφει την εξέλιξη του pH αποθηκεύοντας τις τιμές του ανά 5 min έως ότου να φτάσει στην τελική τιμή του 4.6 όπου στην τιμή αυτή θεωρείται ότι ολοκληρώνεται η ζύμωση και καταγράφεται ο χρόνος που παρήλθε μέχρι την τελική τιμή αυτή, καλούμενος και ως «χρόνος της ζύμωσης».

Κατα τη διάρκεια της ζύμωσης, λαμβάνονται ανά διαδοχικά χρονικά διαστήματα (30, 50, 70, 90, 110, 130, 150 min) καθώς και στο τέλος της ζύμωσης δείγματα για τον προσδιορισμό του ιξώδους με τη βοήθεια του ιξωδομέτρου, τα οποία δεν επιστρέφονται στον επωαστήρα για τη συνέχιση της ζύμωσης, αλλά απορρίπτονται. Επίσης, ανά δείγμα γίνεται ζύγιση 10g αυτού και προστίθενται 10g νερού και 2 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνη. Ακολουθείται τιτλοδότηση με NaOH και μόλις προκύψει κουφετί χρώμα στο δείγμα, σημειώνεται η ποσότητα mL που χρειάστηκε, και υπολογίζεται η οξύτητα για το κάθε δείγμα χωριστά.

Τέλος, τα τελικά δείγματα αποθηκεύονται στο ψυγείο στους 4°C και την επόμενη ημέρα μετρίεται το ιξώδες και πραγματοποιείται ανάλυση αντικειμενικής υφής του τελικού προϊόντος με την χρήση του αναλυτή υφής που βρίσκεται στο εργαστήριο.

2. Με προσθήκη στερεών ενίσχυσης

Πραγματοποιείται η ίδια διαδικασία με την παραγωγή συνεκτικού γιαουρτιού χωρίς προσθήκη στερεών ενίσχυσης, στην περίπτωση αυτή όμως προστίθεται σκόνη ορού γάλακτος σε ποσοστό 1.5% κ.β. του γάλακτος. Η προσθήκη της σκόνης ορού γάλακτος καθώς και των κόμμεων που θα αναφερθούν παρακάτω, γίνεται κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος υπό έντονη ανάδευση, ώστε να επιτευχθεί πλήρως η διασπορά τους.

3. Με προσθήκη κόμμεων

Τα κόμμεα που χρησιμοποιούνται είναι η ξανθάνη και η κ-καραγεννάνη, σε ποσοστό 0.02% κ.β. του γάλακτος και για τα δύο. Τα κόμμεα αυτά λαμβάνουν χώρα στο γάλα πριν τοποθετηθεί μέσα στο ανακινούμενο υδατόλουτρο, όπου παστεριώνεται στους 82 °C για 20 - 30 min ή στους 92.3 °C για 5 - 10 min. Η διαδικασία που ακολουθείται στη συνέχεια είναι ακριβώς η ίδια όπως αναφέρεται παραπάνω και για το γιαούρτι χωρίς προσθήκες.

8.3.2 Παραγωγή αναμεμιγμένου (stirred) γιαουρτιού

Χωρίς προσθήκες ή με προσθήκη κόμμεων και στερεών ενίσχυσης

Το γάλα, αφού υποστεί την παστερίωση και μετά τον εμβολιασμό του με καλλιέργεια (μαγιά), είτε με προσθήκη κόμμεων και στερεών ενίσχυσης είτε χωρίς, εγχύεται σε ένα ποτήρι ζέσεως σε ποσότητα των 500mL και στη συνέχεια, όπως και στο σετ γιαούρτι εισέρχεται στον επωαστήρα έως ότου η τιμή του pH φτάσει στο 4.6. Αφού επέλθει η πήξη του δείγματος, το πήγμα οδηγείται στον αναδευτήρα για ήπια ανάδευση για 30 s.

Μετά την διαδικασία της ανάδευσης, το αναμεμιγμένο γιαούρτι που προκύπτει, συλλέγεται στα κύπελλα και αποθηκεύεται στο ψυγείο στους 4°C. Την επόμενη μέρα, αφού έχει ψυχθεί το δείγμα μας, μετριέται το ιξώδες των αναμεμιγμένων γιαουρτιών και πραγματοποιείται ανάλυση της υφής. Τέλος, μετά την ανάλυση υφής, πραγματοποιείται στο τελικό προϊόν φυγοκέντρηση, με σκοπό την εύρεση της ικανότητας συγκράτησης νερού του πηγματος.

8.3.3 Παραγωγή στραγγιστού (strained) γιαουρτιού

Για όλα τα δείγματα, η διαδικασία παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού πραγματοποιήθηκε με τον εξής τρόπο. Τα δείγματα του αναμεμιγμένου γιαουρτιού, οδηγήθηκαν σε φυγόκεντρο για 5 min στις 5000 rpm. Μετά από τη διαδικασία αυτή, ο ορός που δημιουργείται θα αφαιρεθεί και λαμβάνεται το στραγγισμένο δείγμα

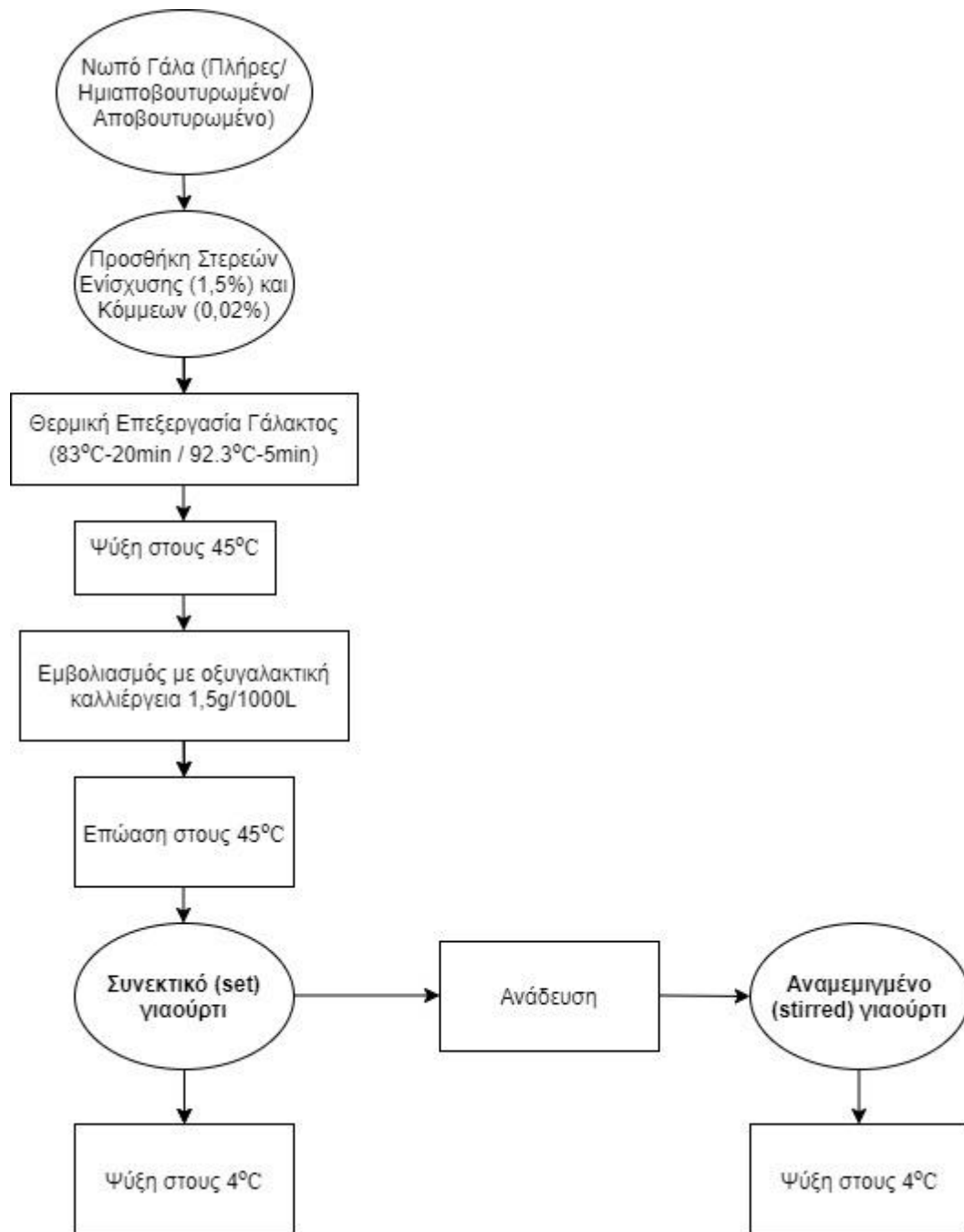
γιαουρτιού, όπου θα αποθηκευτεί στα κύπελλα και θα οδηγηθεί στο ψυγείο. Την επόμενη ημέρα, όπως και για το αναμεμιγμένο γιαούρτι μετριέται το ιξώδες των στραγγιστών γιαουρτιών και πραγματοποιείται ανάλυση της υφής τους. Τέλος, πραγματοποιείται στο τελικό προϊόν φυγοκέντρωση, με σκοπό την εύρεση της ικανότητας συγκράτησης νερού του πήγματος.

Σχήμα 8.3.1: Συνθήκες και παράμετροι των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν

Αριθμός Πειραμάτων	Θερμική Κατεργασία (°C)	Ποσοστό Λιπαρών Γάλακτος (% κ.β.)	Προσθήκες Στερεών ενίσχυσης / Σταθεροποιητών
1η σειρά: Χωρίς καμία προσθήκη			
1	83	3.6	Τυφλά δείγματα
2	83	1.5	Τυφλά δείγματα
3	83	0	Τυφλά δείγματα
4	92.3	3.6	Τυφλά δείγματα
5	92.3	1.5	Τυφλά δείγματα
6	92.3	0	Τυφλά δείγματα
2η σειρά: Προσθήκη Σκόνης ορού γάλακτος 1.5%			
7	83	3.6	Σκόνη ορού γάλακτος 1,5%
8	83	1.5	Σκόνη ορού γάλακτος 1,5%
9	83	0	Σκόνη ορού γάλακτος 1,5%
10	92.3	3.6	Σκόνη ορού γάλακτος 1,5%
11	92.3	1.5	Σκόνη ορού γάλακτος 1,5%
12	92.3	0	Σκόνη ορού γάλακτος 1,5%
3η σειρά: Προσθήκη Ξανθάνης 0.02%			
13	83	3.6	Ξανθάνη 0,02%
14	83	1.5	Ξανθάνη 0,02%
15	83	0	Ξανθάνη 0,02%
16	92.3	3.6	Ξανθάνη 0,02%
17	92.3	1.5	Ξανθάνη 0,02%
18	92.3	0	Ξανθάνη 0,02%
Προσθήκη κ-Καραγεννάνης 0.02%			
19	83	3.6	κ-Καραγεννάνη 0,02%
20	83	1.5	κ-Καραγεννάνη

			0,02%
21	83	0	κ-Καραγεννάνη 0,02%
22	92.3	3.6	κ-Καραγεννάνη 0,02%
23	92.3	1.5	κ-Καραγεννάνη 0,02%
24	92.3	0	κ-Καραγεννάνη 0,02%

Σχήμα 8.3.2: Διάγραμμα ροής παραγωγής συνεκτικού (set) και αναμεμιγμένου (stirred) γιαουρτιού



8.4 Δειγματοληψία και Αναλύσεις

8.4.1 Προσδιορισμός pH

Για τον προσδιορισμό του pH, έγινε χρήση pH-μετρου του τύπου 340i/SET 2A30 - 101T και pH-μετρο 3310/SET 2AA312 της Clarkson Laboratory & Supply Inc. Με

την χρήση των pH-μετρων αυτών λαμβάνονται μετρήσεις ανά 5 min καθ'όλη τη διάρκεια της επώασης του γάλακτος.

8.4.2 Προσδιορισμός Ιξώδους

Ο προσδιορισμός του ιξώδους πραγματοποιείται με τη χρήση του περιστροφικού ιξωδόμετρου μοντέλου Brookfield/DV-II+ Pro, και ρυθμίζεται στις 50 rpm με τη χρήση στελεχών S92, S94 και S95. Όμως, μετά τη ψύξη των δειγμάτων του γιαουρτιού, το ιξώδες μετριέται στις ίδιες στροφές με το στέλεχος S96 λόγω του μεγαλύτερου ιξώδους που είναι λογικό να προκύπτει.

8.4.3 Προσδιορισμός Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος του πηγματος (Water Holding Capacity, WHC)

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, για να γίνει ο προσδιορισμός της ικανότητας συγκράτησης ύδατος του πηγματος, χρειάζεται η διαδικασία της φυγοκέντρησης. Αναλυτικότερα, για κάθε δείγμα ζυγίστηκε συγκεκριμένη ποσότητα γιαουρτιού όπου οδηγήθηκε προς φυγοκέντρηση στις 5000 rpm για 5 min. Έπειτα, μετά τη διαδικασία αυτή ζυγίζεται ο ορός που αποβλήθηκε από το γιαούρτι, με αποτέλεσμα να μπορεί να υπολογιστεί η ικανότητα συγκράτησης με τον εξής τύπο :

$$WHC = \frac{\text{Μάζα γιαουρτιού (g)} - \text{Μάζα ορού (g)}}{\text{Μάζα γιαουρτιού (g)}}$$

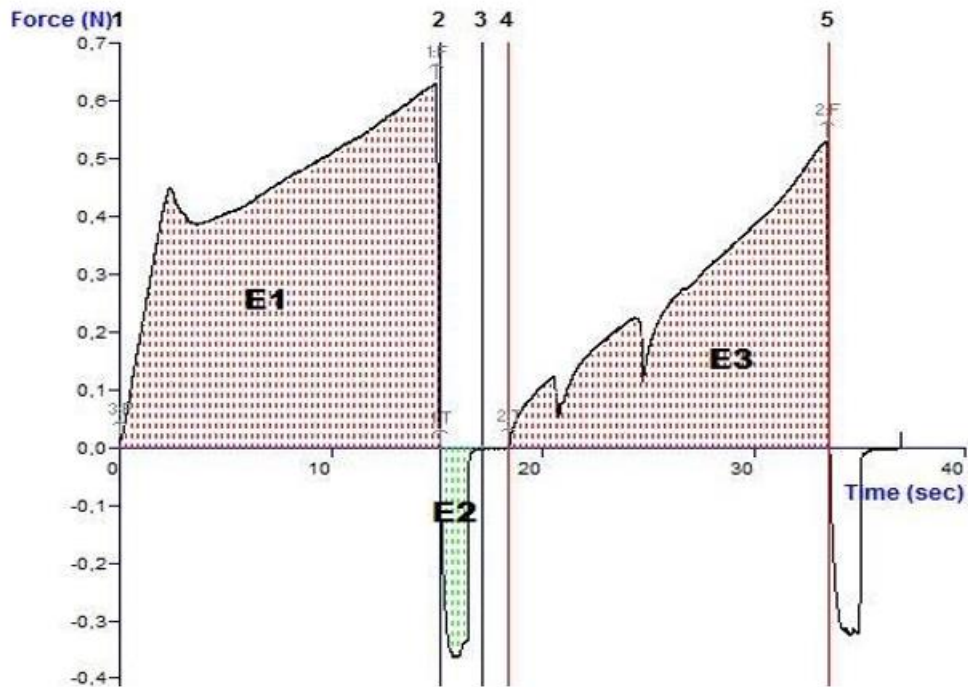
8.4.4 Ανάλυση Υφής των δειγμάτων γιαουρτιού

Για την ανάλυση υφής των δειγμάτων του γιαουρτιού, χρησιμοποιείται η συσκευή Texture Analyzer TA-XT2i, Stable Microsystems και με χρήση του στελέχους Cylinder Probe TA3/1000. Το στέλεχος αυτό έχει κυλινδρικό σχήμα, 25mm διάμετρο και 35mm ύψος. Για τη λειτουργία της συσκευής ρυθμίζεται η πίεση σε αυτή του τροφίμου, διαδοχικά 2 φορές από το κυλινδρικό στέλεχος, ώστε να προκύπτει μία αντιπροσωπευτική εικόνα της μηχανικής καταπόνησης που υφίσταται το τρόφιμο στο στόμα κατά τη μάσηση και στη μέτρηση της εφαρμοζόμενης δύναμης.



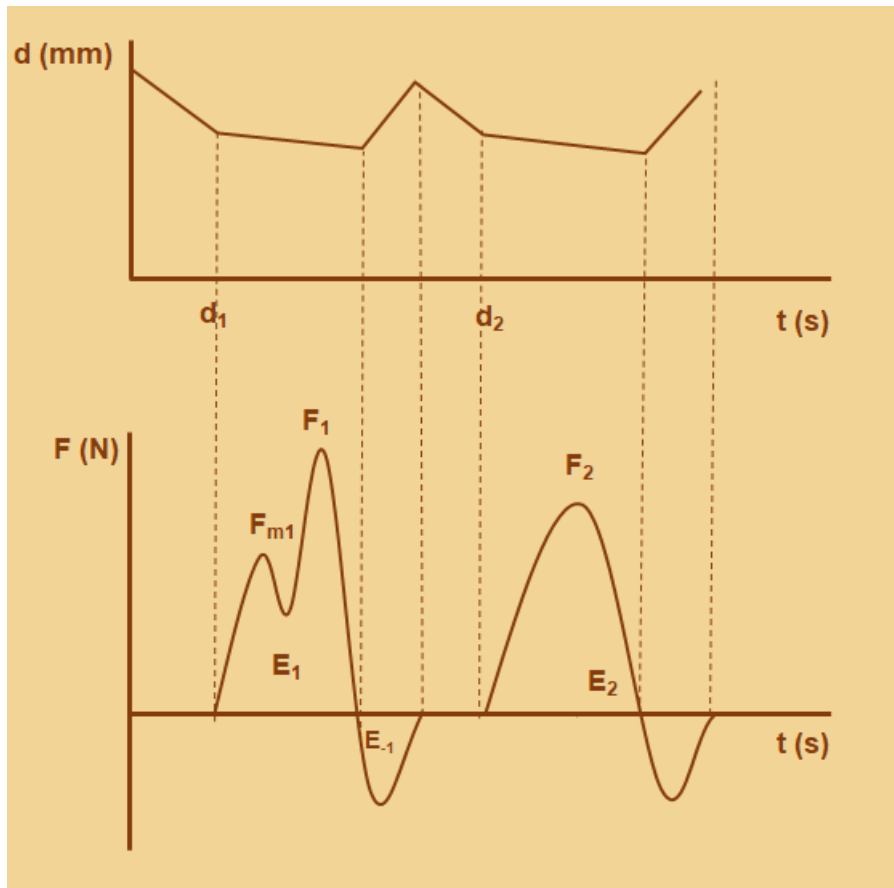
Επιπλέον, οι σημαντικότεροι παράγοντες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της αντικειμενικής υφής είναι η σκληρότητα, η συνεκτικότητα και η προσκολλησιμότητα. Όλοι όμως θα αναλυθούν παρακάτω :

- **Σκληρότητα:** Η απαιτούμενη δύναμη που χρειάζεται για να συμπιεστεί ένα τρόφιμο μεταξύ των γομφίων του στόματος και απεικονίζεται ως η μέγιστη κορυφή κατά την πρώτη διείσδυση του στελέχους στο τρόφιμο.
- **Συνεκτικότητα:** Η ισχύς των εσωτερικών δεσμών ενός τροφίμου και εκφράζεται ως ο λόγος του έργου της δεύτερης συμπίεσης προς το έργο της πρώτης συμπίεσης. Στο διάγραμμα απεικονίζεται ως ο λόγος των εμβαδών E_3/E_1 .
- **Ελαστικότητα:** Το ποσοστό στο οποίο ένα τρόφιμο αποκτά το αρχικό του μέγεθος μετά το πέρας της συμπίεσης. Είναι ο λόγος του χρόνου της πρώτης επαφής προς το χρόνο της δεύτερης επαφής.
- **Προσκολλησιμότητα:** Το έργο που απαιτείται για την απομάκρυνση του τροφίμου από μια επιφάνεια και στο διάγραμμα απεικονίζεται ως το εμβαδόν E_2 .
- **Ευθραυστότητα:** Η δύναμη στην οποία το τρόφιμο θραύεται. Είναι το ύψος της πρώτης μέγιστης κορυφής εάν παρατηρείται θραύση.



Αναλυτικότερα, τα χαρακτηριστικά της υφής :

1. Σκληρότητα: F_1
2. Ελαστικότητα: $d_2/d_1 \times 100$
3. Συνεκτικότητα: $E_2/E_1 \times 100$
4. Προσκολλησιμότητα: $E_{.1}$
5. Ευθραυστότητα: Η δύναμη στην κορυφή θραύσης (F_{M1}), εάν υπάρχει



8.4.5 Προσδιορισμός της ρεολογίας των δειγμάτων του γιαουρτιού

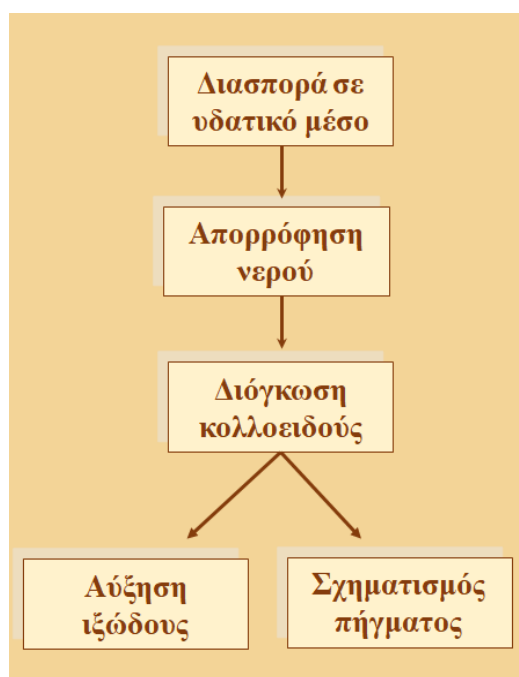
Η ρεολογία είναι η επιστήμη αφιερωμένη στη μελέτη της παραμόρφωσης και της ροής της ύλης. Ανάλογα με τη ρεολογική συμπεριφορά ενός τροφίμου, μπορεί να σχεδιαστεί κατάλληλα ο βιομηχανικός εξοπλισμός για την παραγωγή αυτού. Επιτρέπει την εκτίμηση της δομής τους, της λειτουργικότητάς τους (π.χ. της μετουσίωσης πρωτεϊνών, της ζελατινοποίησης αμύλου, του σχηματισμού πήγματος κτλ), καθώς οι ρεολογικές ιδιότητες και η υφή των περισσότερων τροφίμων σχετίζονται άμεσα με την ποιότητά τους και την αποδοχή από τον καταναλωτή.



Το ροόμετρο ή αλλιώς ηλεκτρονικό ιξωδόμετρο που χρησιμοποιήθηκε είναι μοντέλου MS-CC25 DIN/FTK της Brookfield - rheotec, με τη χρήση στελεχών Rheometer - RC20. Ακόμη, με τη δημιουργία πηγματος στο τρόφιμο (όπως συμβαίνει και στο γιαούρτι) μπορούν να παρατηρηθούν οι ιδιότητες αυτού που είναι οι εξής:

- Τρισδιάστατο δίκτυο ενωμένων μορίων
- Πλαισίωση μεγάλου όγκου της υγρής φάσης
- Ιξωδοελαστικό στερεό

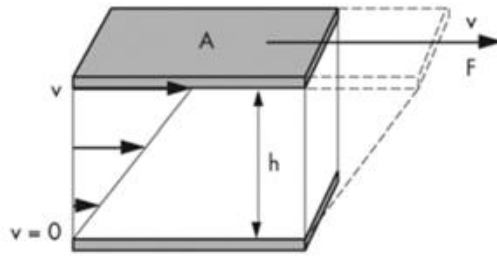
Τα βήματα που ακολουθούνται για τον σχηματισμό του πηγματος και την αύξηση του ιξώδους διαμορφώνονται ως εξής :



Οι παράγοντες επίδρασης είναι η θερμοκρασία, το ηλεκτρικό φορτίο, το μοριακό βάρος, ο βαθμός διακλάδωσης, η παρουσία ηλεκτρολυτών, η παρουσία άλλων υδροκολλοειδών και η προηγούμενη μηχανική κατεργασία.

Για να γίνουν κατανοητές οι βασικές ρεολογικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό των ρευστών, χρησιμοποιείται το μοντέλο των δύο πλακών . Έστω δύο παράλληλες πλάκες επιφάνειας A οι οποίες περικλείουν ένα ρευστό. Η απόσταση μεταξύ των πλακών είναι ίση με h . Η κατώτερη πλάκα παραμένει ακίνητη, ενώ στην επάνω ασκείται διατμητική δύναμη F . Η άνω πλάκα κινείται με ταχύτητα v και έτσι το ρευστό υφίσταται διάτμηση. Καθώς η άνω πλάκα κινείται στο ρευστό, σχηματίζεται μία κατανομή ταχυτήτων. Το ανώτατο στρώμα του ρευστού έχει την ταχύτητα της πλάκας ενώ το κατώτατο είναι ακίνητο.

Εάν α) το ρευστό δεν ολισθαίνει σε καμία πλάκα και β) η ροή που αναπτύσσεται είναι στρωτή, τότε ο υπολογισμός των ρεολογικών παραμέτρων είναι εύκολος



Η διατμητική τάση δίνεται από την εξίσωση:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Ο ρυθμός διάτμησης δίνεται από την εξίσωση:

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h}$$

Η σχέση διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό των ρευστών.

Ακόμη, νευτωνικά ονομάζονται τα ρευστά των οποίων η σχέση διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης είναι γραμμική (νόμος του Newton):

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}$$

Όπου η το ιξώδες του ρευστού. Τυπικά νευτωνικά τρόφιμα είναι αυτά που περιέχουν ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (π.χ. σάκχαρα) και δεν περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις διαλυμένων πολυμερών (π.χ. πηκτίνες, άμυλο) ή αδιάλυτων στερεών. Παραδείγματα τροφίμων με νευτωνική συμπεριφορά είναι το νερό, τα σιρόπια, το μέλι και το γάλα.

Τα ρευστά των οποίων η σχέση ρυθμού διάτμησης - διατμητικής τάσης δεν είναι γραμμική ονομάζονται μη νευτωνικά. Η ρεολογική συμπεριφορά των ρευστών αυτών μπορεί να περιγραφεί από το νόμο του Ostwald:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$$

Όπου k = η σταθερά συνεκτικότητας και n = δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς

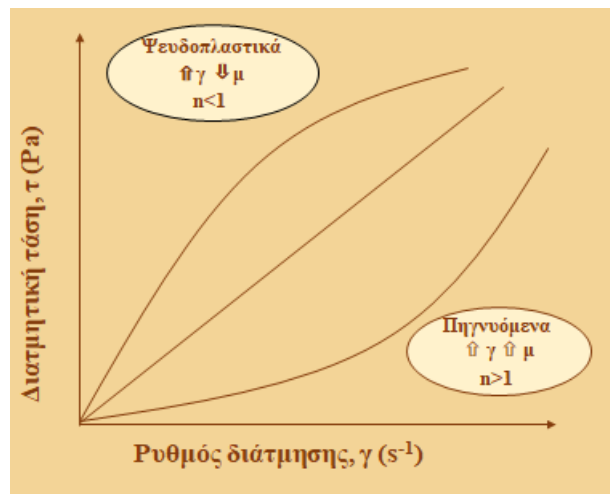
Η σχέση φαινομένου ιξώδους-ρυθμού διάτμησης προκύπτει διαιρώντας την παραπάνω σχέση με το ρυθμό διάτμησης:

$$\frac{\tau}{\dot{\gamma}} \equiv \mu = k \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$$

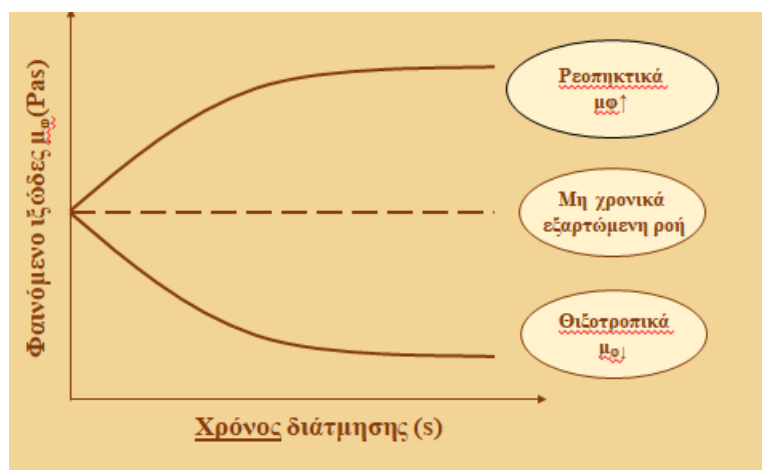
Όπου μ το φαινόμενο ιξώδες. Ο δείκτης n μπορεί να πάρει τιμές είτε μικρότερες είτε μεγαλύτερες της μονάδας. Για $n=1$ ο νόμος του Ostwald ισοδυναμεί με τον νόμο του Newton και $k=\mu$. Ανάλογα με τις τιμές του n τα ρευστά μπορούν να χαρακτηριστούν ως ψευδοπλαστικά ή πηγνύομενα.

Για τιμές του $n < 1$, αυξανόμενου του ρυθμού διάτμησης, η διατμητική τάση αυξάνεται, ενώ το φαινόμενο ιξώδες μειώνεται. Ψευδοπλαστικά είναι συνήθως ρευστά που περιέχουν μακρομόρια (πχ πρωτεΐνες ή υδατάνθρακες) τα οποία ευθυγραμμίζονται με τη ροή κατά τη διάτμηση. Αποτέλεσμα της ευθυγράμμισης είναι η μείωση του φαινόμενου ιξώδους.

Για τιμές του $n > 1$, αυξανόμενου του ρυθμού διάτμησης η διατμητική τάση αυξάνεται και το φαινόμενο ιξώδες αυξάνεται. Πηγνύομενη συμπεριφορά εμφανίζουν ρευστά όπως αιωρήματα με μεγάλη συγκέντρωση σε στερεά σωματίδια ή μη διασυνδεδεμένα πολυμερή. Καθώς ο ρυθμός διάτμησης αυξάνεται, η αλληλεπίδραση των σωματιδίων γίνεται όλο και πιο έντονη και μπορεί να οδηγήσει σε περιπλοκή τους. Το αποτέλεσμα είναι το ιξώδες να αυξάνεται απότομα σε υψηλούς ρυθμούς διάτμησης.



Τέλος, σε κάποιες περιπτώσεις το φαινόμενο ιξώδες για σταθερό ρυθμό διάτμησης εξαρτάται από το χρόνο εφαρμογής της διάτμησης. Με βάση αυτή την παρατήρηση τα ρευστά μπορούν να διακριθούν σε θιξοτροπικά και σε ρεοπηκτικά.



8.4.6 Οργανοληπτικός Έλεγχος

Ο οργανοληπτικός έλεγχος των τροφίμων αποτελεί τμήμα του ελέγχου ποιότητας και είναι απαραίτητο να εντάσσεται σε αυτόν. Η εξέταση αυτή περιλαμβάνει την αξιολόγηση των τροφίμων με τις αισθήσεις όπως είναι η γεύση, η οσμή, η όραση, η αφή και η ακοή. Ο υπεύθυνος της ομάδας των δοκιμαστών μπορεί να είναι υπεύθυνος του οργανοληπτικού ελέγχου. Τα χαρακτηριστικά των τροφίμων που εκτιμώνται είναι με τη σειρά που γίνονται αντιληπτά: εμφάνιση (χρώμα, σχήμα, μέγεθος, ελαττώματα), υφή με το χέρι ή το κουτάλι (σκληρότητα κ.λπ.), οσμή, γεύση, υφή στο στόμα κατά το δάγκωμα ή μάσημα (σκληρότητα, ελαστικότητα, λιπαρότητα, κλπ.), άρωμα (οσμή/γεύση) και μετάγευση. Ακόμη, οι οργανοληπτικές εξετάσεις βοηθούν σε μεγάλο βαθμό και είναι χρήσιμα εργαλεία για την ανάπτυξη ενός προϊόντος τροφίμου.

Τέλος, κατά τον έλεγχο αυτό, συμπληρώνεται ένα έντυπο που επισημαίνει ότι η βαθμολογία κυμαίνεται από το 1 έως το 10, όπου το 1 αντιστοιχεί σε μη αποδεκτό προϊόν, το 5 σε αποδεκτό, ενώ το 10 σε προϊόν το οποίο είναι ιδανικό, δηλαδή δεν παρουσιάζει κανένα ελάττωμα.

Food Characteristics - Appearance/colour, Taste/Flavour, Smell/Odour, Texture/Mouthfeel, Sweetness							
Score Value Assigned: Liked extremely = 9, like very much = 8, like moderately = 7, like slightly = 6, neither like nor dislike = 5, dislike slightly = 4, dislike moderately = 3, dislike very much = 2, dislike extremely = 1							
	Tester					Total Score	Average Score (total score ÷ number of testers)
	1	2	3	4	20		
Appearance (colour, shape)	9	9	9	8	7	165	8.3
Taste/Flavour	9	8	7	5	4	148	7.4
Smell/Odour	9	7	8	6	6	152	7.6
Texture/Mouthfeel	4	7	7	5	6	124	6.2
Sweetness	7	7	8	8	6	150	7.5

Κεφάλαιο 9 – Αποτελέσματα και Συζήτηση

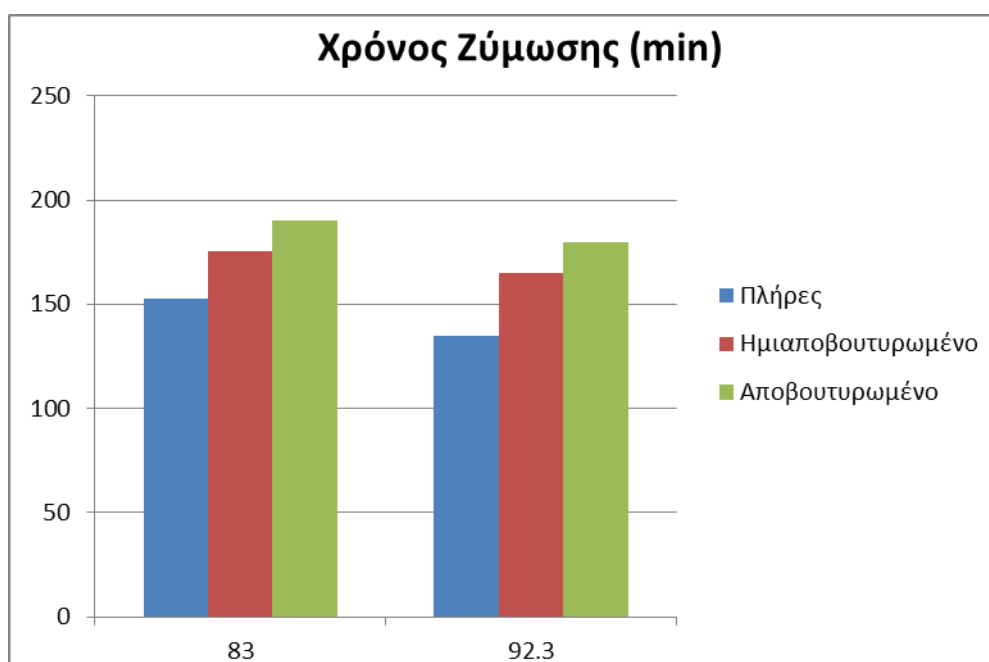
9.1 Επίδραση του ποσοστού (%) των λιπαρών γάλακτος και της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος

Στη πρώτη σειρά πειραμάτων, μελετήθηκαν τα δείγματα συνεκτικού γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, χωρίς καμία προσθήκη. Αρχικά, απεικονίζονται τα διαγράμματα για τα δείγματα που έχουν υποστεί ήπια θερμική κατεργασία (83°C για 20 min), ενώ στη συνέχεια αυτά που έχουν υποστεί έντονη θερμική κατεργασία (92.3 °C για 5 - 10 min).

9.1.1 Χρόνος ζύμωσης

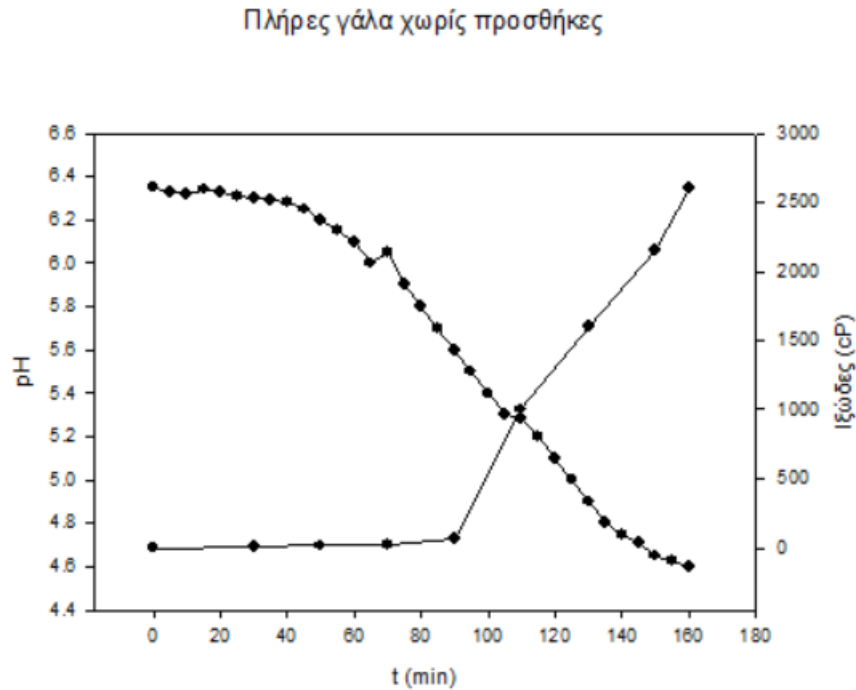
Στα παρακάτω διαγράμματα, απεικονίζονται τα αποτελέσματα του χρόνου ζύμωσης (έως το τελικό pH=4,6) όπως προέκυψαν για τα δείγματα που παρασκευάστηκαν από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο ή αποβουτυρωμένο γάλα.

Διάγραμμα 9.1.1: Ο χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα χωρίς προσθήκες (τυφλά δείγματα), με θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



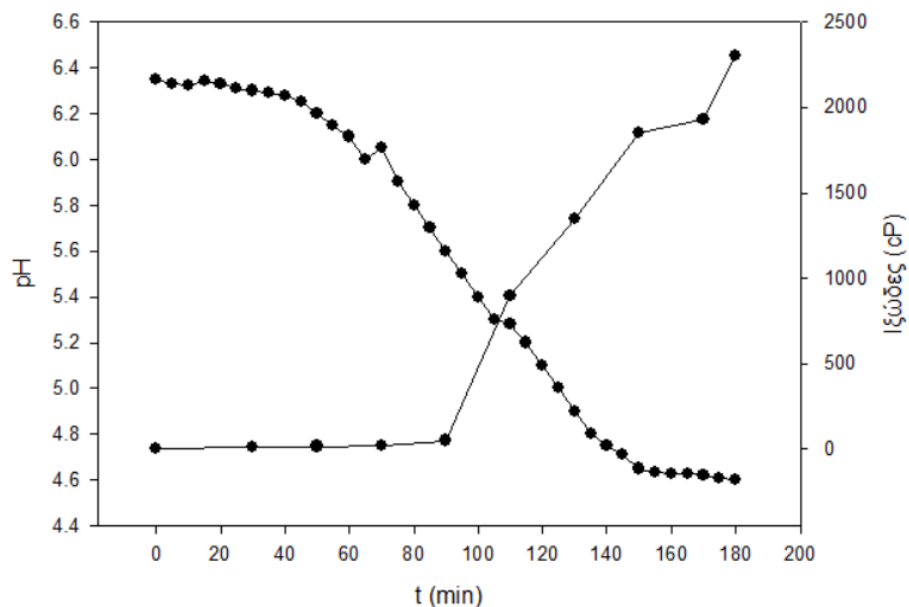
9.1.2 Εφαρμογή μοντέλων για το pH και το ιξώδες

Διάγραμμα 9.1.2: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min



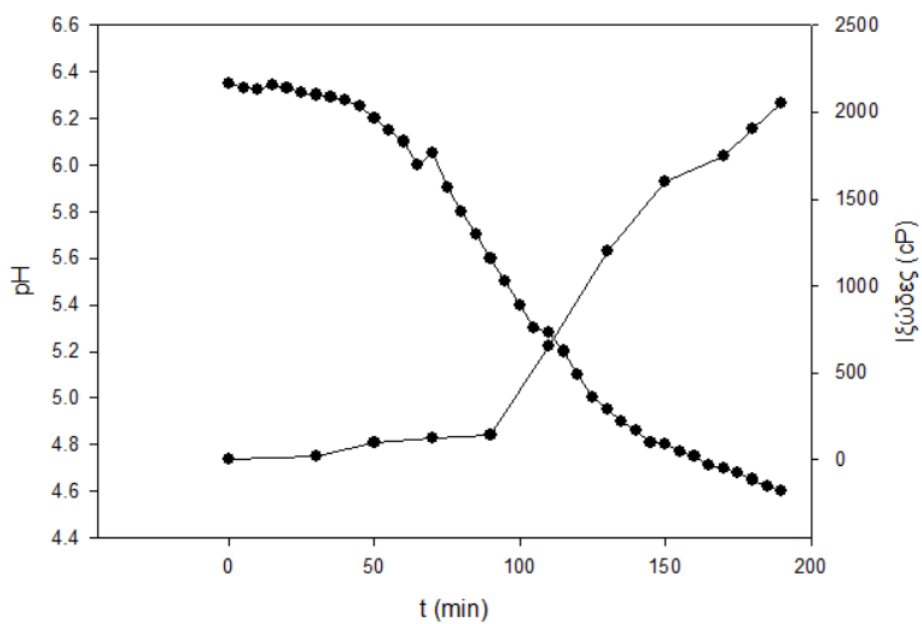
Διάγραμμα 9.1.3: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min

Ημιαποβουτυρωμένο γάλα χωρίς προσθήκες

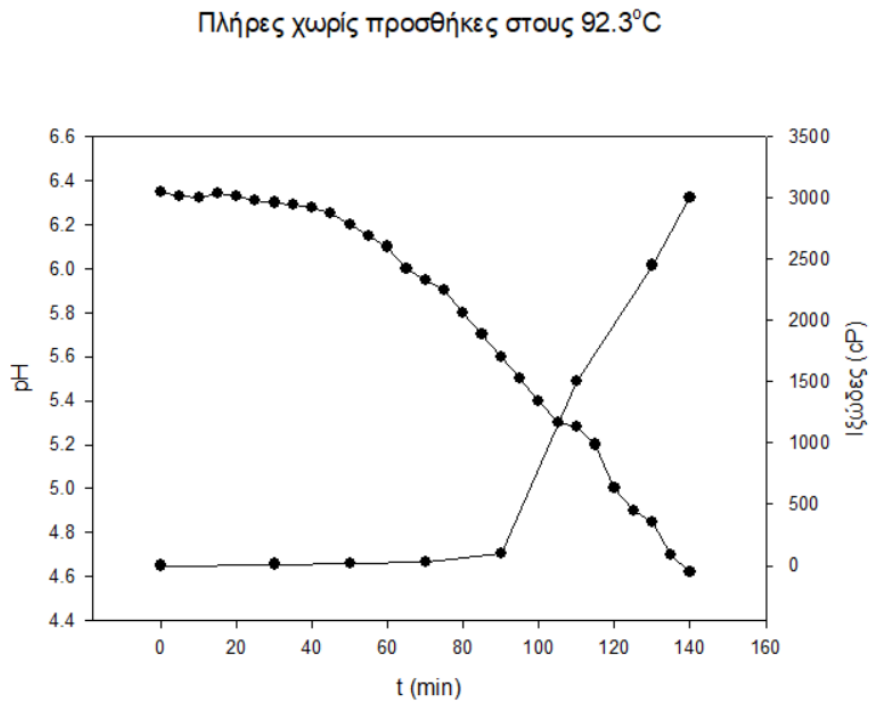


Διάγραμμα 9.1.4: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20min

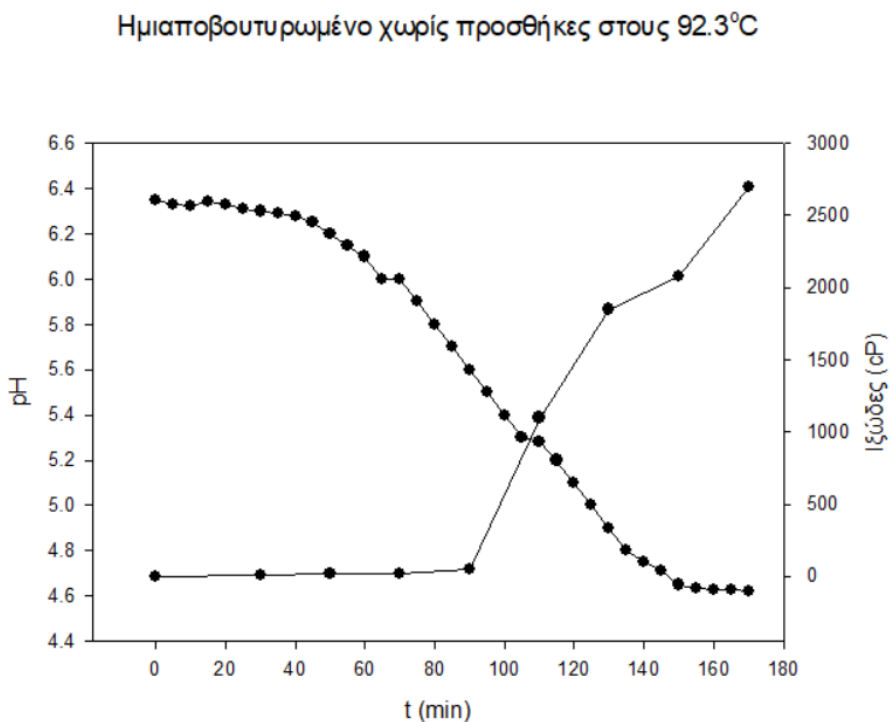
Αποβουτυρωμένο χωρίς προσθήκες



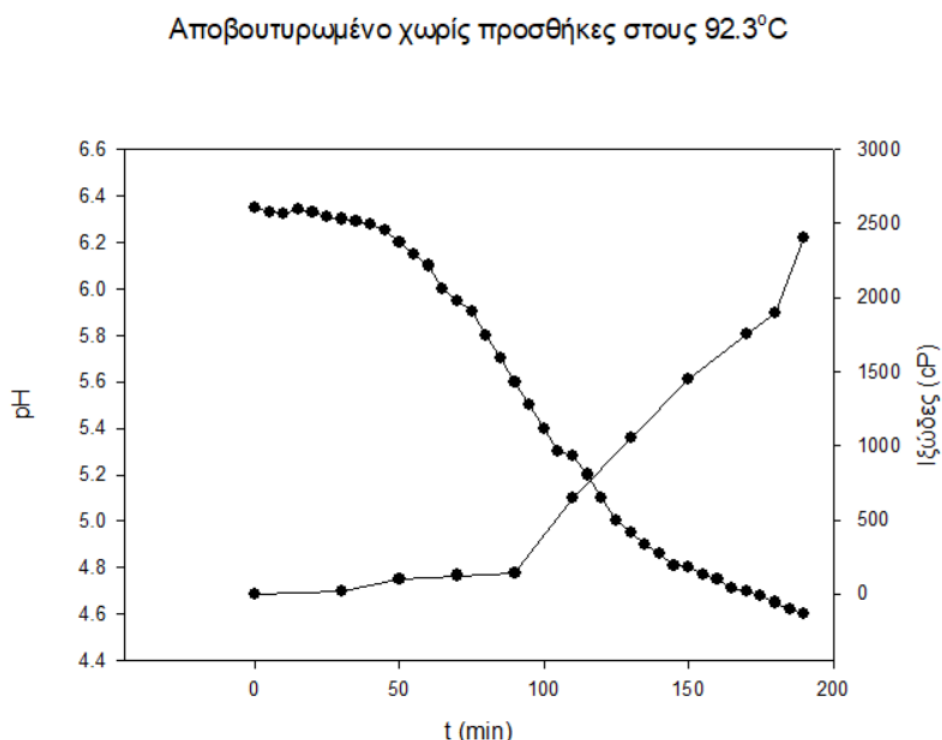
Διάγραμμα 9.1.5: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min



Διάγραμμα 9.1.6: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min



Διάγραμμα 9.1.7: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min



9.1.3 Ρυθμός μεταβολής pH (μ_{pH}) και λανθάνουσα φάση pH (λ_{pH})

Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ρυθμού μεταβολής του pH (μ_{pH}) για τα δείγματα γιαουρτιού πλήρους, ημιαποβουτυρωμένου και αποβουτυρωμένου γάλακτος που δεν έγινε καμία προσθήκη, τα οποία έχουν υποβληθεί σε ήπια θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min και έπειτα τα δείγματα σε έντονη θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min. Αξίζει να σημειωθεί πως τα αποτελέσματα των τιμών μ (min⁻¹) και λ (min) βρίσκονται με βάση τις σταθερές α, b, x₀ και y₀ των παραπάνω διαγραμμάτων με βάση του άξονες, τις καμπύλες και την εφαρμογή του τροποποιημένου μοντέλου Gompertz.

Αναλυτικότερα, η μεταβολή του pH με τον χρόνο ζύμωσης δίνεται από το τροποποιημένο μοντέλο Gompertz το οποίο είναι:

$$pH = pH_0 + (pH_\infty - pH_0) \cdot \exp\left\{-\exp\left[\frac{\mu \cdot e}{pH_\infty - pH_0} \cdot (\lambda - t) + 1\right]\right\}$$

όπου μ είναι ο μέγιστος ρυθμός μείωσης του pH και λ ο χρόνος διάρκειας της πρώτης φάσης.

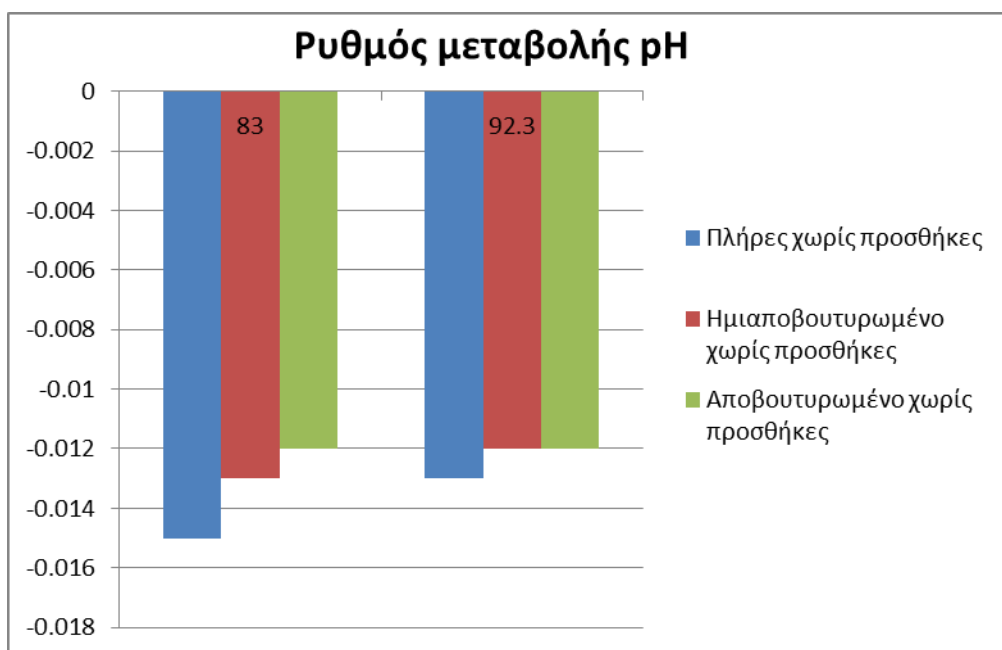
Με την προσαρμογή του μοντέλου Gompertz στα πειραματικά δεδομένα καταλήγουμε στην σχέση: $\frac{\mu \cdot e}{\alpha} (\lambda - t) + 1 = -\frac{t - \chi^0}{b}$.

Οι συντελεστές α , χ_0 και b υπολογίζονται από το πρόγραμμα Sigmaplot 10.0 και για τον υπολογισμό του λ εξισώνουμε το λ ίσο με το t , οπότε προκύπτει πως $\lambda = \chi_0 - b$. Τέλος, αντικαθιστώντας την προηγούμενη σχέση στην αρχική υπολογίζεται και το μ που είναι ίσο με $\frac{\alpha}{e \cdot b}$.

Στη συνέχεια, αφού υπολογιστούν οι συντελεστές μ και λ , ακολουθείται για το ιξώδες η ίδια μεθοδολογία για την προσαρμογή των δεδομένων ιξώδους στο μοντέλο:

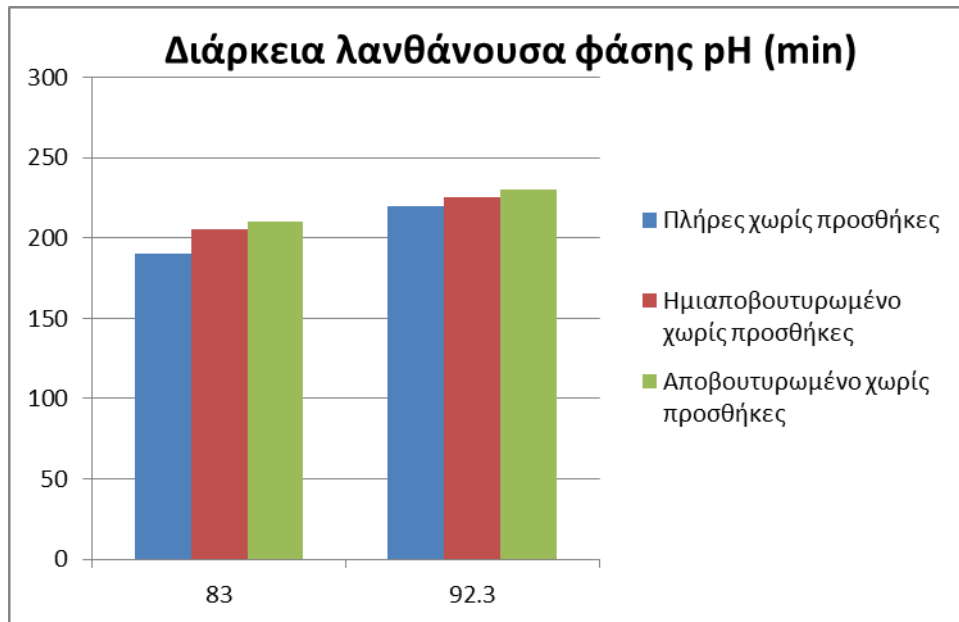
$$\mu_\alpha = \mu_{\alpha 0} + (\mu_{\alpha 0} - \mu_{\alpha \infty}) \cdot \exp \left\{ -\exp \left[\frac{\mu \cdot e}{(\mu_{\alpha 0} - \mu_{\alpha \infty})} \cdot (\lambda - t) + 1 \right] \right\} .$$

Διάγραμμα 9.1.8: Ρυθμός μεταβολής του pH για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, χωρίς καμία προσθήκη, που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα της διάρκειας της λανθάνουσας φάσης του pH για τα γιαούρτια που παρασκευάστηκαν από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, το οποίο έχει υποβληθεί σε θερμική κατεργασία στους 83°C για 20min και αντίστοιχα τα δείγματα των 92.3°C για 5 - 10 min.

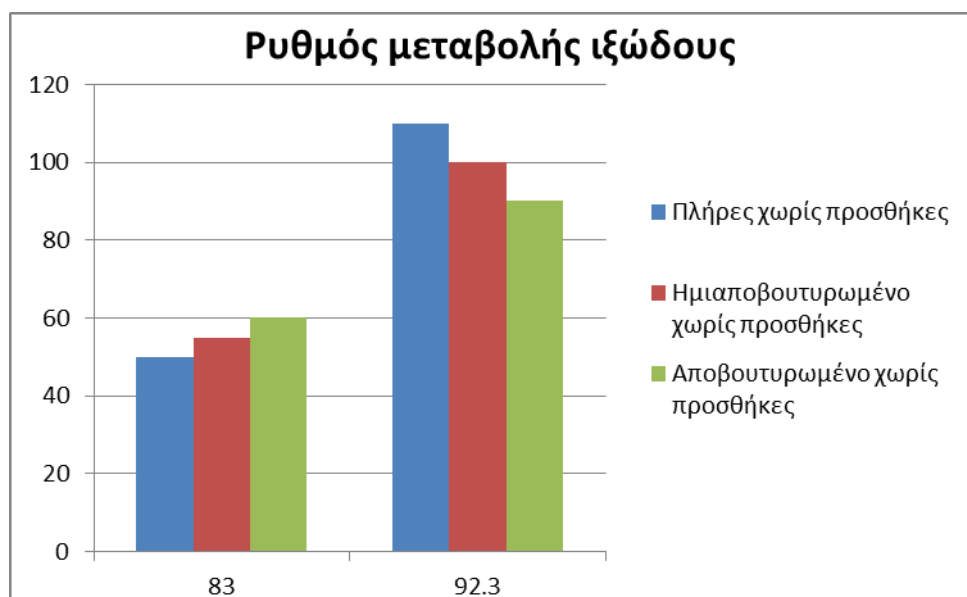
Διάγραμμα 9.1.9: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης pH (min) για τα γιαούρτια από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα χωρίς προσθήκες, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



9.1.4 Ρυθμός μεταβολής και διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους

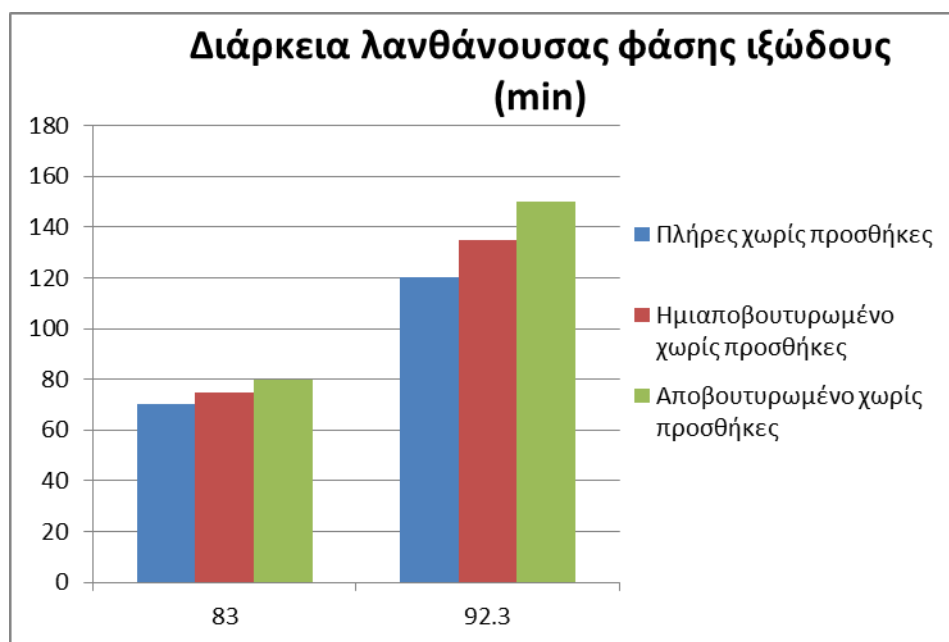
Όπως και παραπάνω, θα παρουσιαστεί αρχικά ο ρυθμός μεταβολής και η διάρκεια λανθάνουσας φάσης του ιξώδους για τα δείγματα γιαουρτιού που προέρχονται από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, το οποίο θερμάνθηκε στους 83°C για 20min και για τα δείγματα αντίστοιχα στους 92.3°C για 5 - 10min.

Διάγραμμα 9.1.10: Ρυθμός μεταβολής ιξώδους για τα γιαούρτια από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα χωρίς προσθήκες, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα της διάρκειας της λανθάνουσας φάσης του ιξώδους για τα γιαούρτια, που προέρχονται από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, που έχει θερμανθεί στους 83°C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10min.

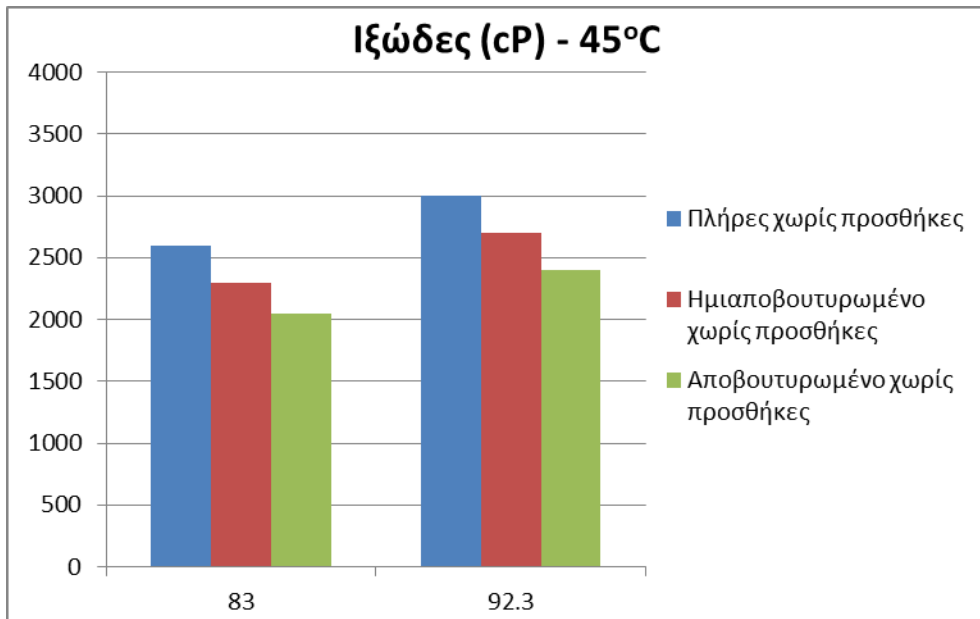
Διάγραμμα 9.1.11: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους (min) για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα χωρίς προσθήκες, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



9.1.5 Ιξώδες γιαουρτιών στους 45°C

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το ιξώδες των δειγμάτων του γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με τις δύο θερμικές κατεργασίες (ήπια και έντονη) κατά τη διάρκεια της επώασής τους (στους 45°C).

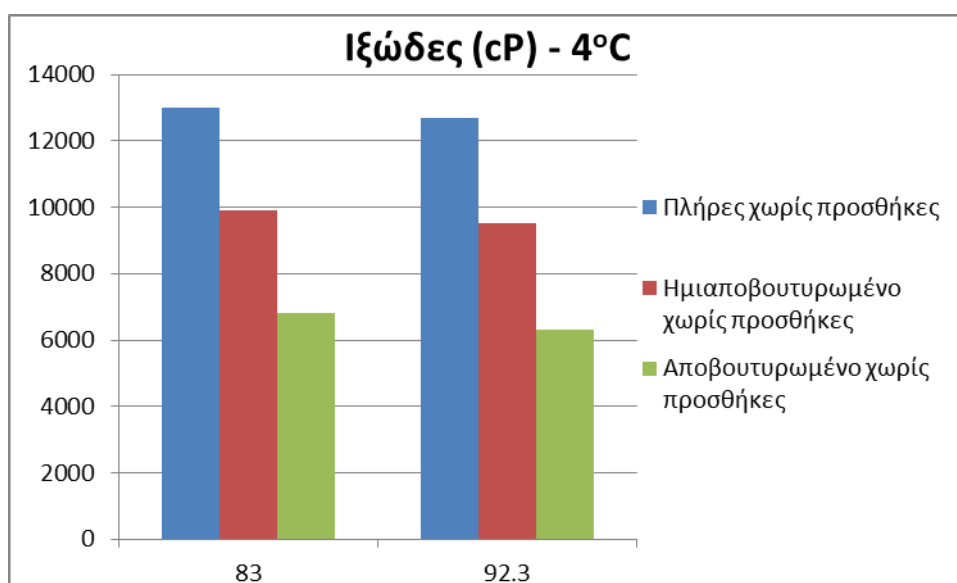
Διάγραμμα 9.1.12: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 45°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



9.1.6 Ιξώδες γιαουρτιών στους 4°C

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το τελικό ιξώδες των γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με τις δύο θερμικές κατεργασίες (ήπια και έντονη) μετά την αποθήκευσή τους σε ψύξη, στους 4°C. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα δείγματα γιαουρτιών που επεξεργάστηκαν σε θερμοκρασία 83°C για 20 min και αντίστοιχα στους 92.3°C για 5 - 10 min.

Διάγραμμα 9.1.13: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 4°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min

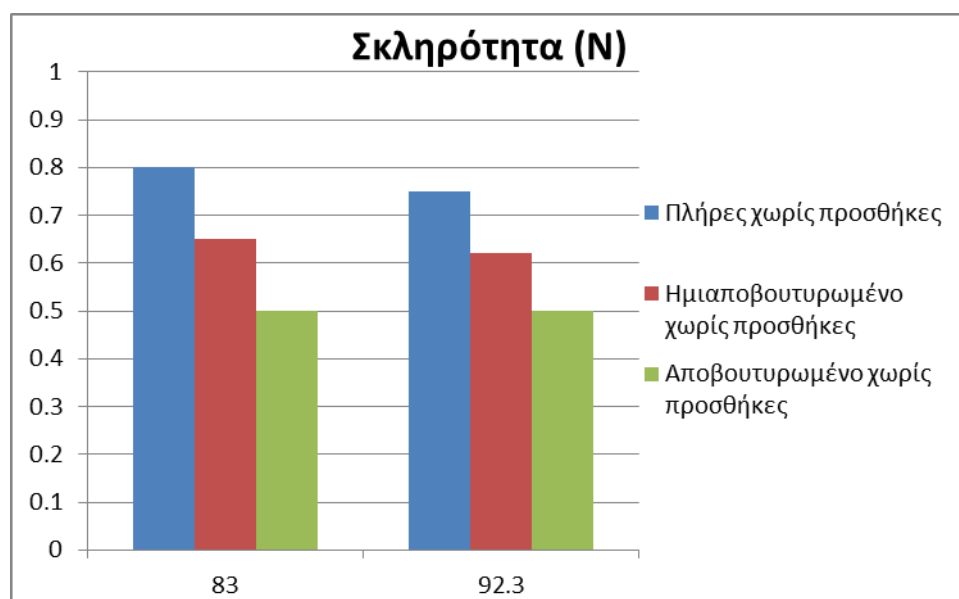


9.1.7 Ανάλυση αντικειμενικής υφής γιαουρτιών

Στη συγκεκριμένη ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις παραμέτρους αντικειμενικής υφής των γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με ήπια ($83^{\circ}\text{C} - 20 \text{ min}$) και έντονη ($92.3^{\circ}\text{C} - 5 \text{ min}$) θερμική κατεργασία. Αρχικά, εξετάστηκε η παράμετρος της σκληρότητας του γιαουρτιού και μετά η συνεκτικότητα και η προσκολλησιμότητα αυτού.

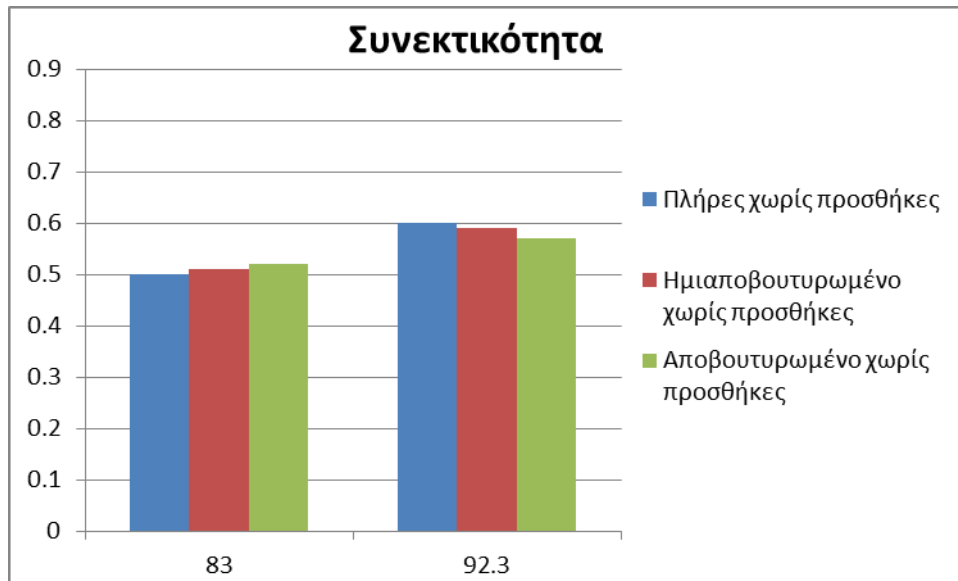
- Σκληρότητα (N)

Διάγραμμα 9.1.14: Σκληρότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα χωρίς καμία προσθήκη, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



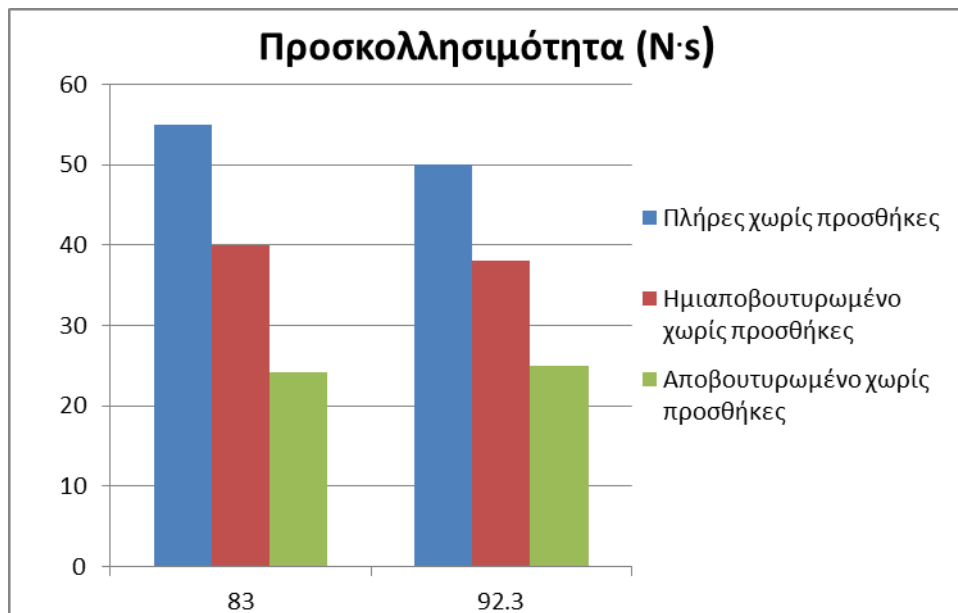
- Συνεκτικότητα

Διάγραμμα 9.1.15: Συνεκτικότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα χωρίς καμία προσθήκη, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



- Προσκολλησιμότητα ($N \cdot s$)

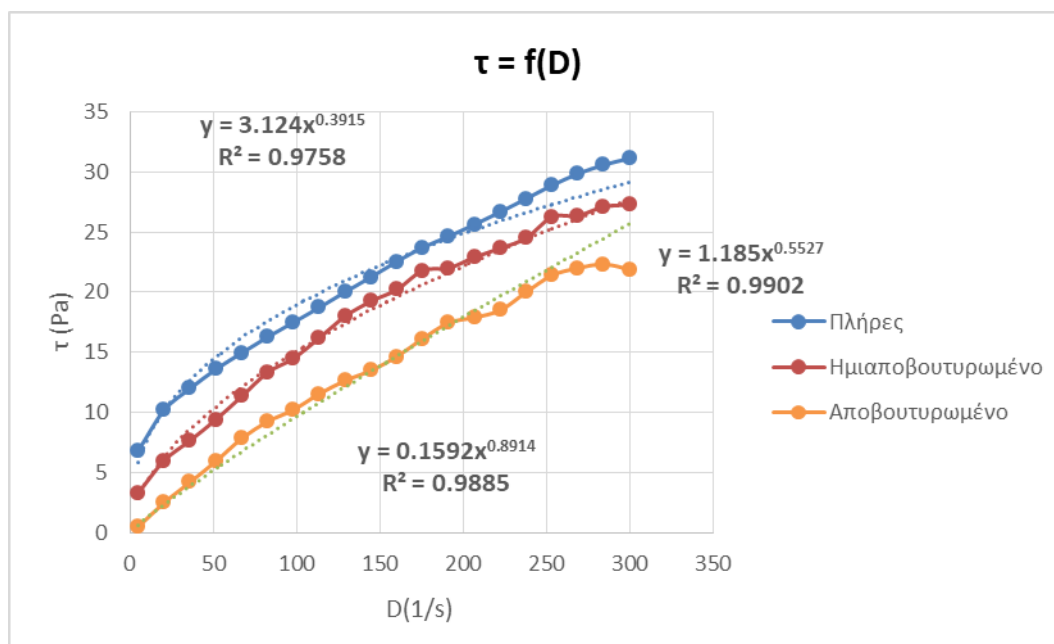
Διάγραμμα 9.1.16: Προσκολλησιμότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα χωρίς καμία προσθήκη, που θερμάνθηκε στους 83° C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10 min



9.1.8 Ρεολογικά χαρακτηριστικά για τα δείγματα αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη

Από τα δεδομένα τιμών της διατμητικής τάσης (τ ή τ) και του ρυθμού διάτμησης (D) που ελήφθησαν από το ροόμετρο για τα δείγματα αναμεμιγμένου (stirred) τύπου γαιουρτιού, μετά από υπολογισμούς θα βρεθούν οι σταθερές συνεκτικότητας (k) καθώς και οι συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς (n) μέσω των εξισώσεων που δημιουργήθηκαν από το διάγραμμα $\tau = f(D)$.

Διάγραμμα 9.1.17: Διάγραμμα διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης για $T = 20^\circ\text{C}$



Με τη χρήση του excel προκύπτει ότι τόσο η πολυωνυμική εξίσωση δευτέρου βαθμού όσο και οι γραμμές τάσης δύναμης παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και με πολύ καλή ακρίβεια. Καλύτερη προσαρμογή όμως παρουσιάζουν οι γραμμές τάσης-δύναμης για τα συγκεκριμένα δεδομένα. Έτσι η εξάρτηση της διατμητικής τάσης από το ρυθμό διάτμησης για τη θερμοκρασία $T = 20^\circ\text{C}$ είναι:

Για τα δείγματα από πλήρες γάλα: $y = 3,124 * x^{0.3915}$

Για τα δείγματα από ημιαποβουτυρωμένο γάλα: $y = 1,185 * x^{0.5527}$

Για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα: $y = 0,1592 * x^{0.8914}$

Επομένως η σχέση διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία δεν είναι γραμμική, δηλαδή τα εξεταζόμενα δείγματα συμπεριφέρονται ως μη νευτώνικά ρευστά και περιγράφονται από το νόμο του Ostwald όπου ισχύει:

$$\tau = k * D^n$$

Στο παρακάτω πίνακα, δίνονται οι συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς (η) και οι σταθερές συνεκτικότητας (k):

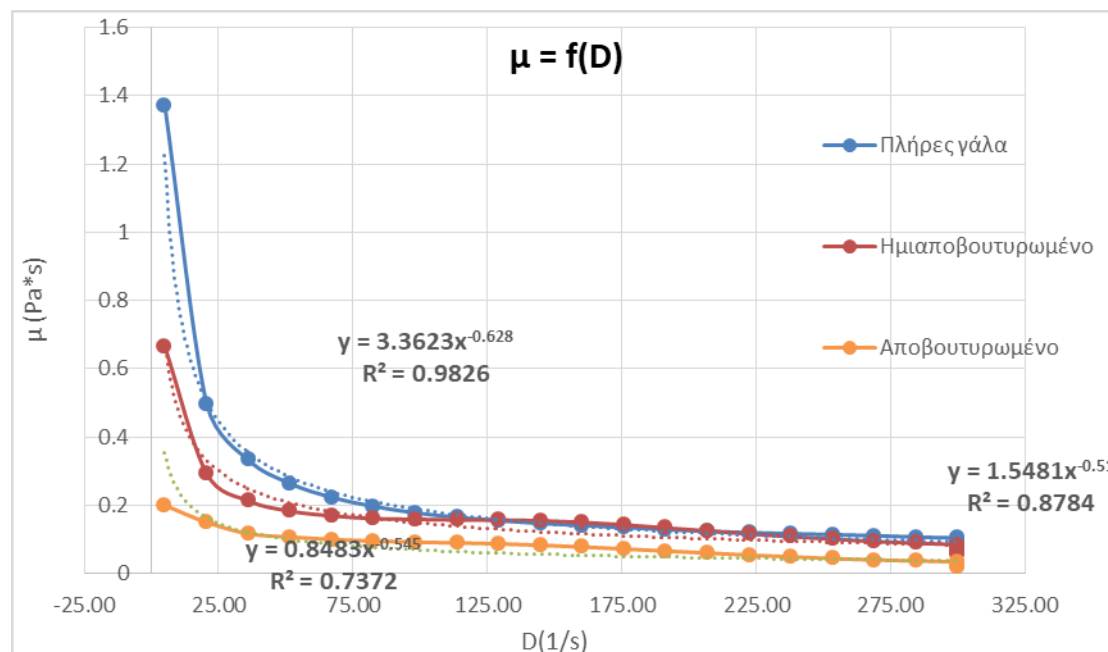
Είδος γάλακτος	k	n
Πλήρες	3,124	0,3915
Ημιαποβουτυρωμένο	1,185	0,5527
Αποβουτυρωμένο	0,1592	0,8914

Η σχέση φαινόμενου ιξώδους (μ)-ρυθμού διάτμησης προκύπτει διαιρώντας τη παραπάνω σχέση με το ρυθμό διάτμησης. Τελικά προκύπτει:

$$\frac{\tau}{D} = \mu = k * D^{n-1}$$

Παρακάτω από τις τιμές του φαινόμενου ιξώδους πρώτα για το πλήρες και έπειτα για το ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, ανάλογα με τη τιμή του συντελεστή ρεολογικής συμπεριφοράς (η) τα ρευστά διακρίνονται σε ψευδοπλαστικά ($\eta < 1$) και πηγνύμενα ($\eta > 1$). Για να βρεθεί η τιμή του η σχεδιάζεται το διάγραμμα φαινόμενου ιξώδους-ρυθμού διάτμησης για θερμοκρασία $T=20^{\circ}\text{C}$. Όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα, χρησιμοποιούνται οι τιμές στις οποίες ο ρυθμός διάτμησης μεταβάλλεται.

Διάγραμμα 9.1.18: Διάγραμμα φαινόμενου ιξώδους - ρυθμού διάτμησης για $T = 20^{\circ}\text{C}$



Με βάση το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι η εξάρτηση του φαινομένου ιξώδους από το ρυθμό διάτμησης είναι:

Για τα δείγματα από πλήρες γάλα: $y = 3,3623 * x^{-0,628}$

Για τα δείγματα από ημιαποβουτυρωμένο γάλα: $y = 1,5481 * x^{-0,51}$

Για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα: $y = 0,8483 * x^{-0,545}$

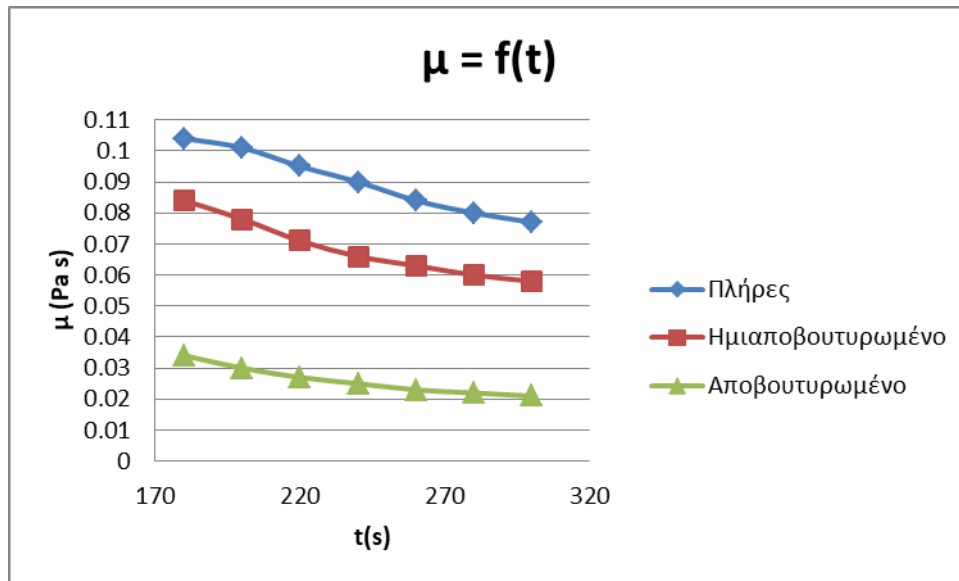
Συνεπώς, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εξάρτηση του φαινομένου ιξώδους από τη διατμητική τάση είναι της μορφής:

$$\mu = k * D^{n-1}$$

με $n < 1$ οπότε τα δείγματα γιαουρτιού για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία συμπεριφέρονται ως ψευδοπλαστικά ρευστά. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει και από την θεωρία ότι δηλαδή αύξηση του ρυθμού διάτμησης συνεπάγεται αύξηση της διατμητικής τάσης και μείωση του φαινομένου ιξώδους.

Τέλος, μπορεί να δοθεί και το διάγραμμα που απεικονίζει τη μεταβολή του φαινομένου ιξώδους συναρτήσει του χρόνου για σταθερό ρυθμό διάτμησης, προκειμένου να μελετηθεί αν τα δείγματα του γιαουρτιού, συμπεριφέρονται ως θιξοτροπικά ή ρεοπηκτικά ρευστά. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, ο ρυθμός διάτμησης παραμένει σταθερός από $t=180 - 300s$. Άρα για το διάγραμμα θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές του φαινομένου ιξώδους σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Διάγραμμα 9.1.19: Διάγραμμα φαινομένου ιξώδους - χρόνου



Από το διάγραμμα αυτό, παρατηρείται ότι τα δείγματα που μελετήθηκαν μπορούν να θεωρηθούν ως θιξοτροπικά, καθώς το φαινόμενο ιξώδες, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος Statistica 7.0 της StatSoftInc. Στα αποτελέσματα όπου εμφανίζεται σημαντική διαφορά ($p < 0.05$), εφαρμόζεται το τεστ διαφοράς Duncan. Αρχικά, όσον αφορά το χρόνο ζύμωσης, παρατηρείται από τα διαγράμματα ότι κατά την έντονη θερμική κατεργασία (92.3°C για 5 - 10 min) πραγματοποιήθηκε γρηγορότερα η ζύμωση από ότι στην ήπια θερμική κατεργασία (83°C για 20min). Και στις δύο περιπτώσεις τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα έφτασαν γρηγορότερα στην τιμή του $\text{pH} = 4.6$ από εκείνα με ημιαπόβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα. Με βάση την ανάλυση διακύμανσης ANOVA, παρατηρείται ότι ο χρόνος ζύμωσης επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος ($p < 0.05$), ενώ δεν επηρεάζεται στον ίδιο βαθμό από την θερμική κατεργασία. Για τον ρυθμό μεταβολής και τη λανθάνουσα φάση του pH , από τα διαγράμματα απεικονίζεται ότι τα δείγματα γιαουρτιού παρουσίασαν μικρότερο κατά απόλυτη τιμή ρυθμό αύξησης του pH κατά την έντονη θερμική κατεργασία, ενώ μεγαλύτερες τιμές για την λανθάνουσα φάση από ότι κατά την ήπια. Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA, έδειξε ότι ο ρυθμός μεταβολής του pH δεν επηρεάζεται σημαντικά από τους δύο παράγοντες, ενώ η λανθάνουσα φάση επηρεάζεται από τη θερμική κατεργασία. Για τον ρυθμό μεταβολής και τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους, φαίνεται από τα διαγράμματα ότι κατά την έντονη θερμική κατεργασία, παρουσιάζονται μεγαλύτερες τιμές από αυτές της ήπιας. Ακόμα, παρατηρείται ότι και οι δύο αυτές μεταβλητές επηρεάζονται σημαντικά ($p < 0.05$) από τη θερμική κατεργασία. Όσον αφορά το ιξώδες στους 45°C , για όλα τα είδη του γάλακτος παρουσιάστηκαν μεγαλύτερες τιμές ιξώδους κατά την έντονη θερμική

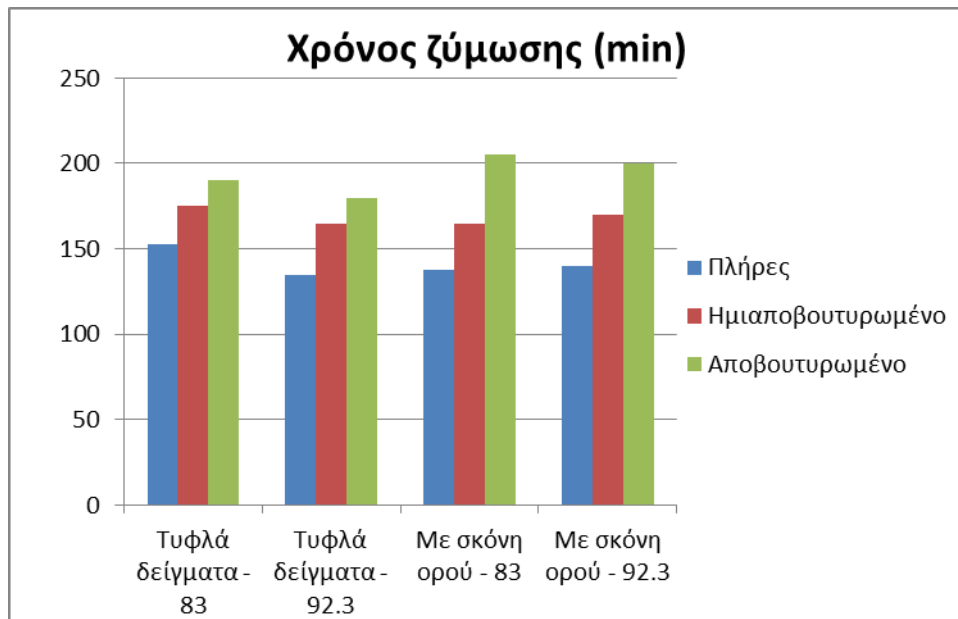
κατεργασία, καθώς η ANOVA έδειξε ότι επηρεάζεται σημαντικά και από τους δύο παράγοντες. Τα ίδια στατιστικά αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και για το ιξώδες μετά την ψύξη (4°C), παρατηρώντας επίσης από τα διαγράμματα ότι το ιξώδες είναι ελάχιστα μεγαλύτερο κατά την ήπια θερμική κατεργασία από ότι την έντονη. Σχετικά με την ανάλυση υφής, η σκληρότητα των δειγμάτων γιαουρτιού που υπέστη ήπια θερμική κατεργασία, έδειξε να είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από αυτή των δειγμάτων που υπέστη έντονη. Από την ανάλυση διακύμανσης ANOVA, παρατηρείται ότι η σκληρότητα επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος. Από την άλλη όμως, από τα διαγράμματα φαίνεται πως η συνεκτικότητα στους 92.3°C είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από αυτή των δειγμάτων γιαουρτιού στους 83°C, καθώς η ANOVA έδειξε ότι επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμική κατεργασία. Η προσκολλησιμότητα επίσης για τα δείγματα του γιαουρτιού στους 83°C είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από ότι στους 92.3°C, παρατηρώντας ότι επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος. Όσον αφορά τα ρεολογικά χαρακτηριστικά, από τα διαγράμματα φαίνεται ότι η διατμητική τάση και το φαινόμενο ιξώδες έχουν μεγαλύτερες τιμές για τα δείγματα από πλήρες γάλα σε σχέση με τα άλλα είδη γάλακτος. Η ανάλυση διακύμανσης, έδειξε ότι η σταθερά συνεκτικότητας και ο συντελεστής ρεολογικής συμπεριφοράς επηρεάζονται σημαντικά από το είδος του γάλακτος, ενώ το φαινόμενο ιξώδες δεν επηρεάζεται από τους δύο παράγοντες.

9.2 Επίδραση στερεών ενίσχυσης

Στη 2^η Σειρά των πειραμάτων, πραγματοποιήθηκε προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος 1.5% κ.β. στα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα. Πρώτα απεικονίζονται τα διαγράμματα για τα δείγματα που έχουν υποστεί ήπια θερμική κατεργασία (83°C για 20 min) ενώ στη συνέχεια αυτά που έχουν υποστεί έντονη θερμική κατεργασία (92.3°C για 5 - 10 min).

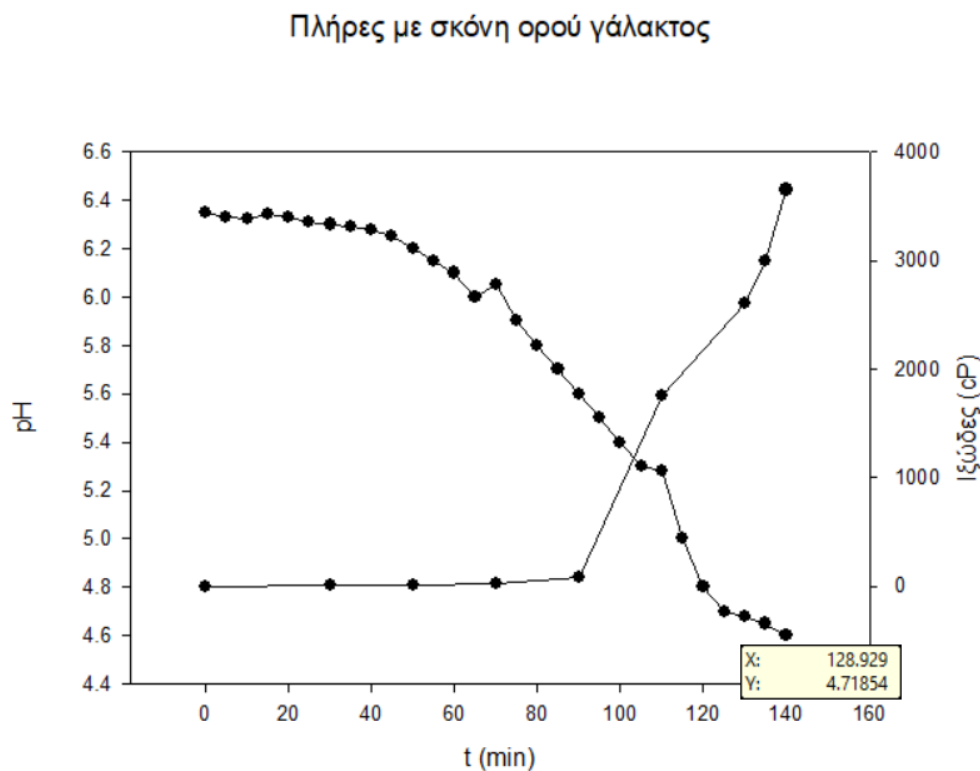
9.2.1 Χρόνος ζύμωσης

Διάγραμμα 9.2.1: Ο χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με προσθήκη στερεών ενίσχυσης (σκόνη ορού γάλακτος 1.5% κ.β.) στους 83°C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10 min, σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

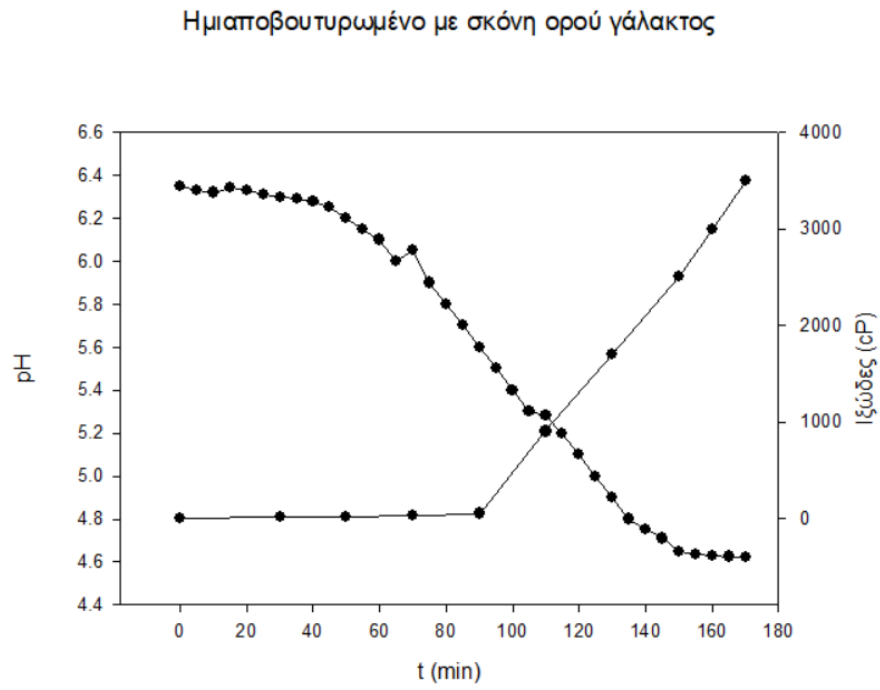


9.2.2 Εφαρμογή μοντέλων για το pH και το ιζώδες

Διάγραμμα 9.2.2: Μεταβολή pH - χρόνου και ιζώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

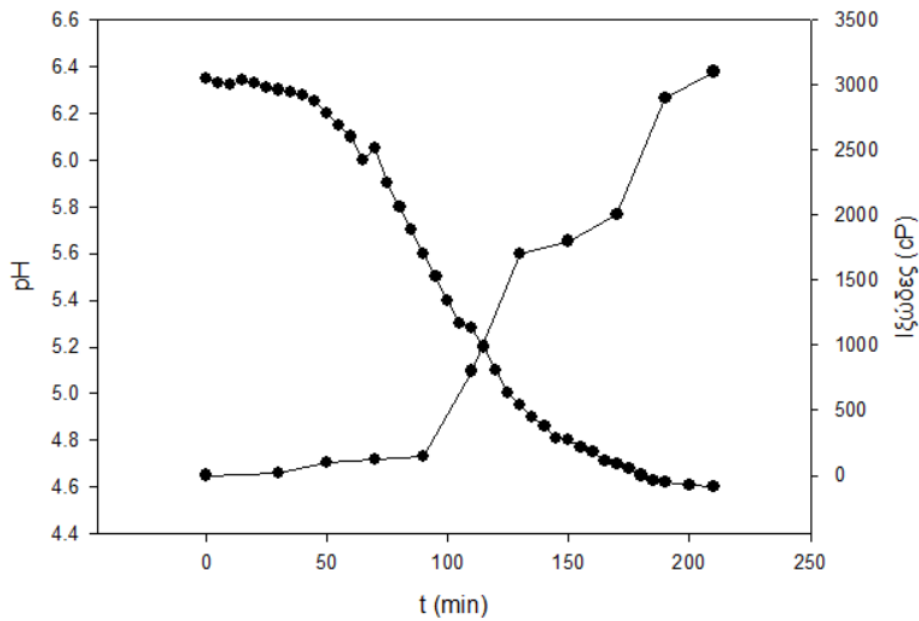


Διάγραμμα 9.2.3: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατ'ά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος



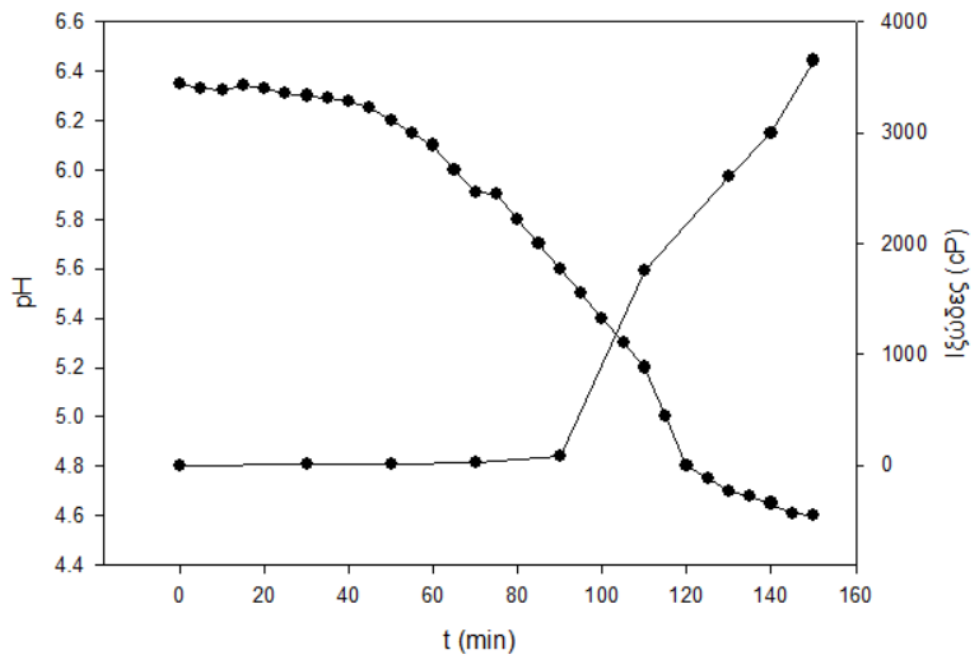
Διάγραμμα 9.2.4: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Αποβουτυρωμένο με σκόνη ορού γάλακτος



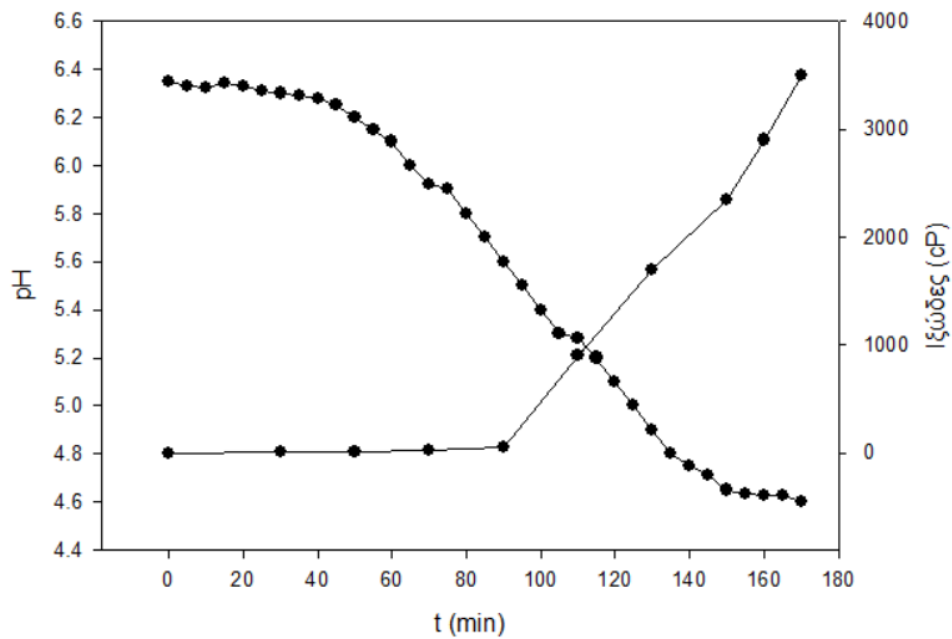
Διάγραμμα 9.2.5: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Πλήρες με σκόνη ορού γάλακτος στους 92.3°C



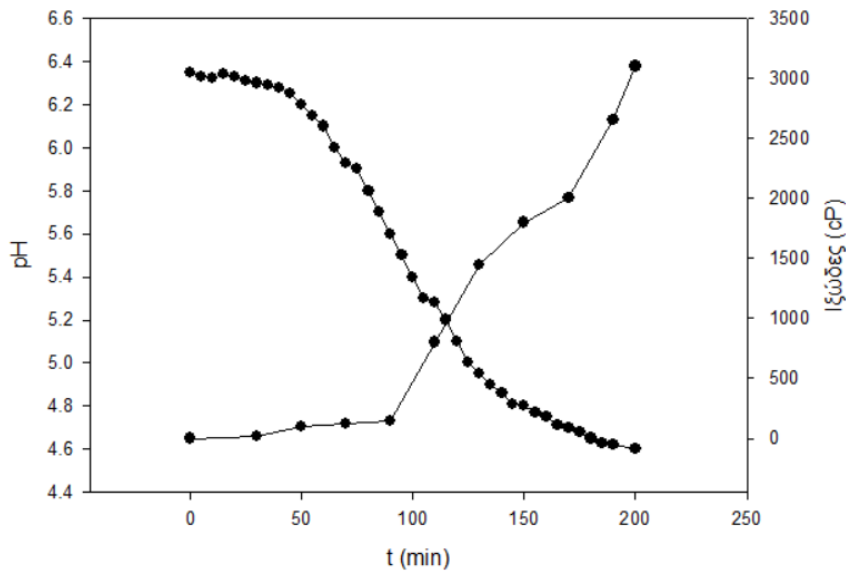
Διάγραμμα 9.2.6: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Ημιαποβουτυρωμένο με σκόνη ορού γάλακτος στους 92.3°C



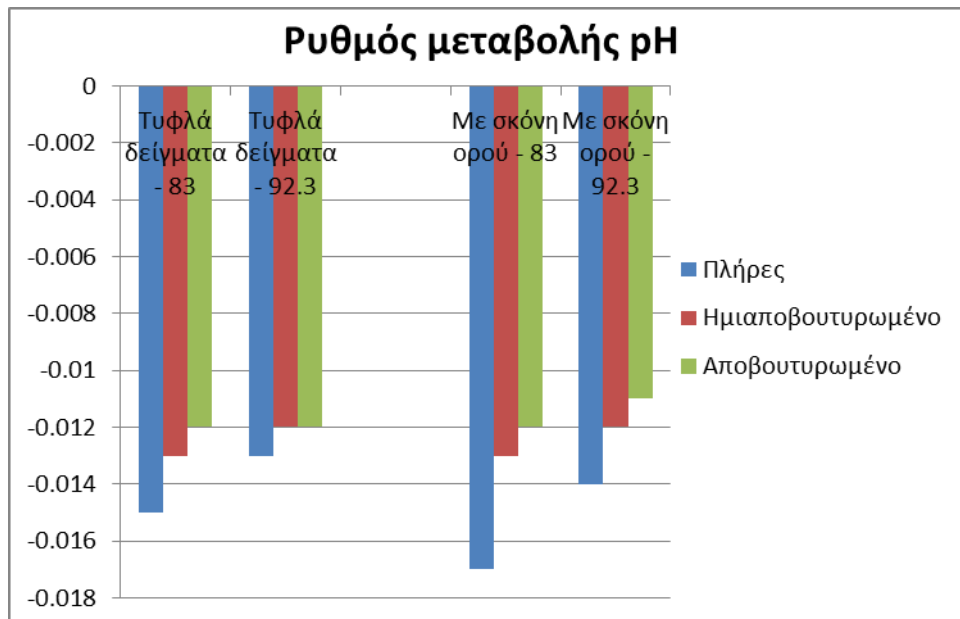
Διάγραμμα 9.2.7: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Αποβουτυρωμένο με σκόνη ορού γάλακτος στους 92.3°C



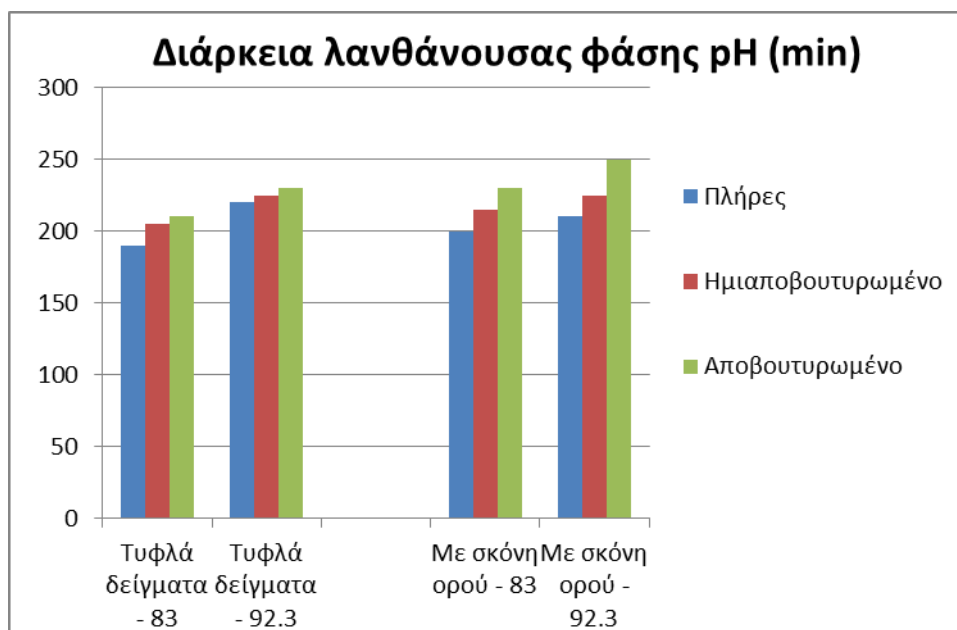
9.2.3 Ρυθμός μεταβολής pH (μρΗ) και λανθάνουσα φάση pH (λρΗ)

Διάγραμμα 9.2.8: Ρυθμός μεταβολής του pH για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83 °C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα της διάρκειας της λανθάνουσας φάσης του pH για τα γιαούρτια που παρασκευάστηκαν από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, το οποίο έχει υποβληθεί σε θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min και αντίστοιχα τα δείγματα των 92.3°C για 5 - 10 min.

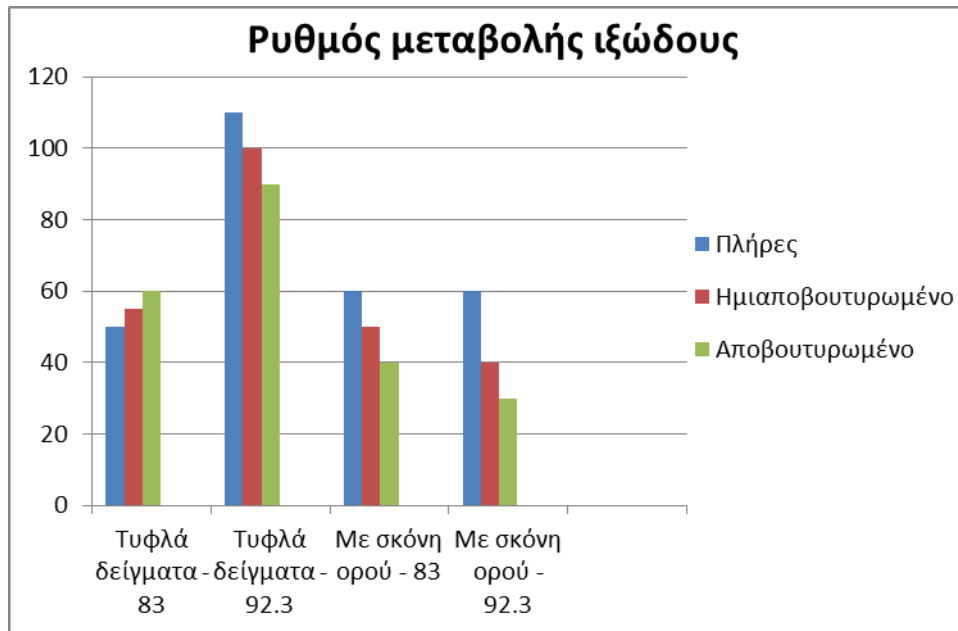
Διάγραμμα 9.2.9: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης pH (min) για τα γιαούρτια από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



9.2.4 Ρυθμός μεταβολής και διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους

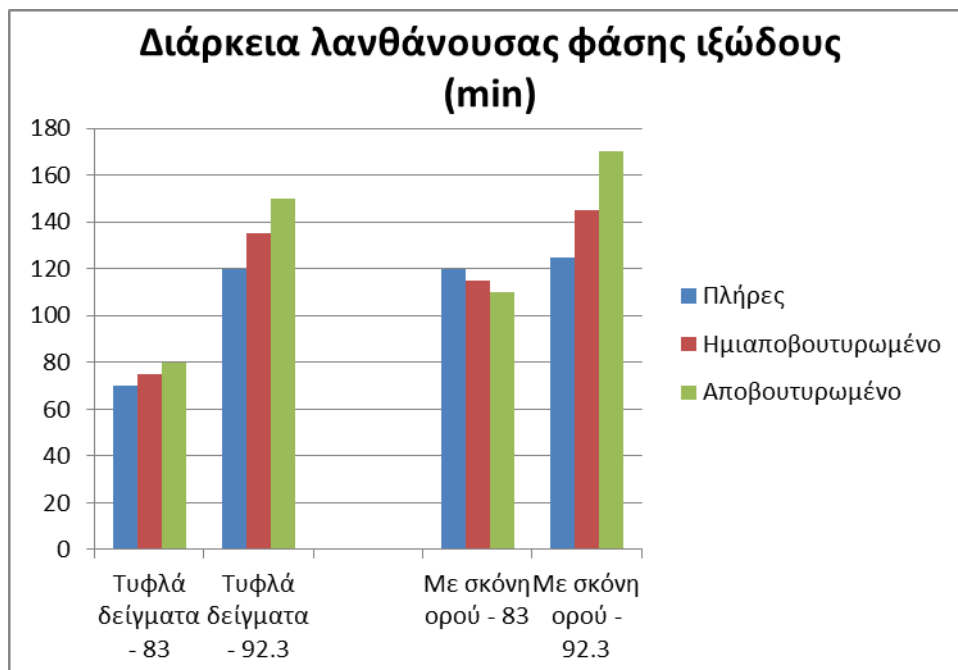
Όπως και παραπάνω, θα παρουσιαστεί ο ρυθμός μεταβολής και η διάρκεια λανθάνουσας φάσης του ιξώδους για τα δείγματα γιαουρτιού που προέρχονται από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, το οποίο θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και για τα δείγματα αντίστοιχα στους 92.3°C για 5 - 10 min.

Διάγραμμα 9.2.10: Ρυθμός μεταβολής ιξώδους για τα γιαούρτια από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



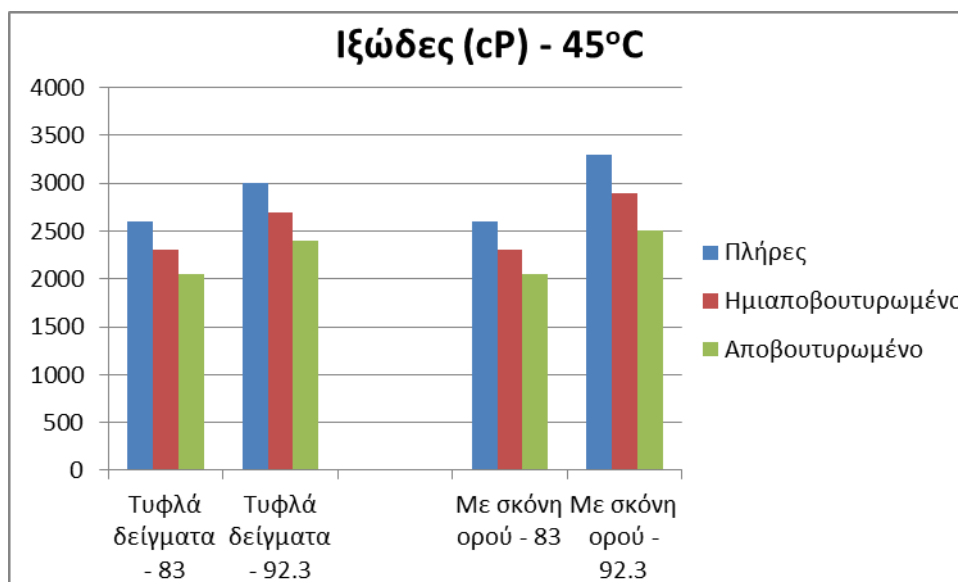
Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα της διάρκειας της λανθάνουσας φάσης του ιζώδους για τα γιαούρτια, που προέρχονται από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, που έχει θερμανθεί στους 83°C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10min.

Διάγραμμα 9.2.11: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιζώδους (min) για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



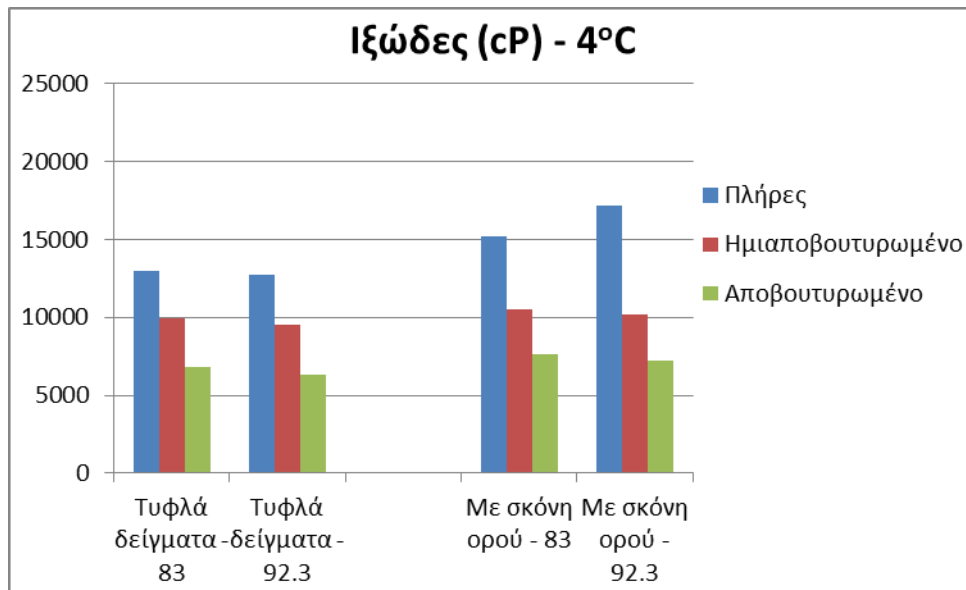
9.2.5 Ιξώδες γιαουρτιών στους 45°C

Διάγραμμα 9.2.12: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 45°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



9.2.6 Ιξώδες γιαουρτιών στους 4°C

Διάγραμμα 9.2.13: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 4°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

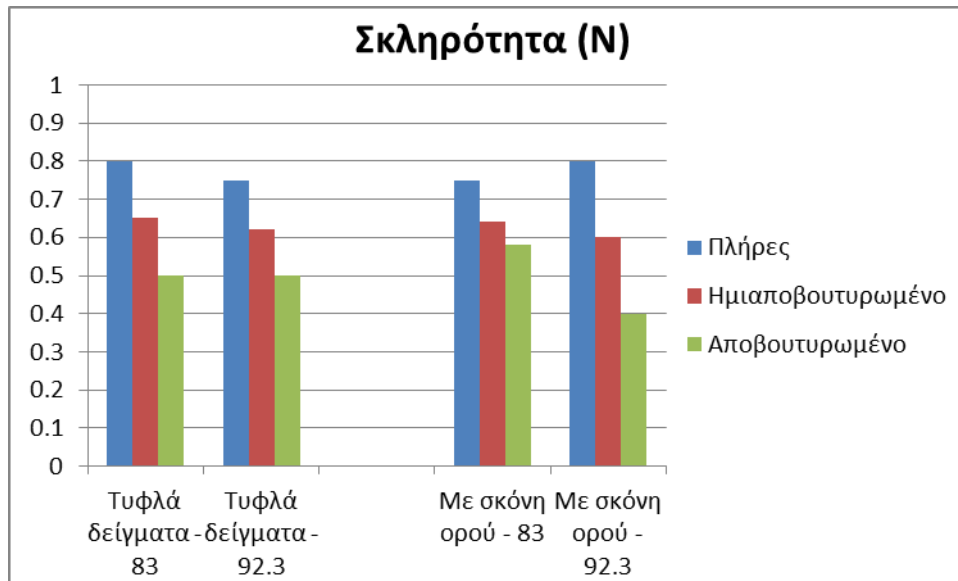


9.2.7 Ανάλυση αντικειμενικής υφής γιαουρτιών

Στη συγκεκριμένη ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις παραμέτρους αντικειμενικής υφής των γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με ήπια (83°C - 20 min) και έντονη (92.3°C - 5 min) θερμική κατεργασία με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος. Αρχικά, εξετάστηκε η παράμετρος της σκληρότητας του γιαουρτιού.

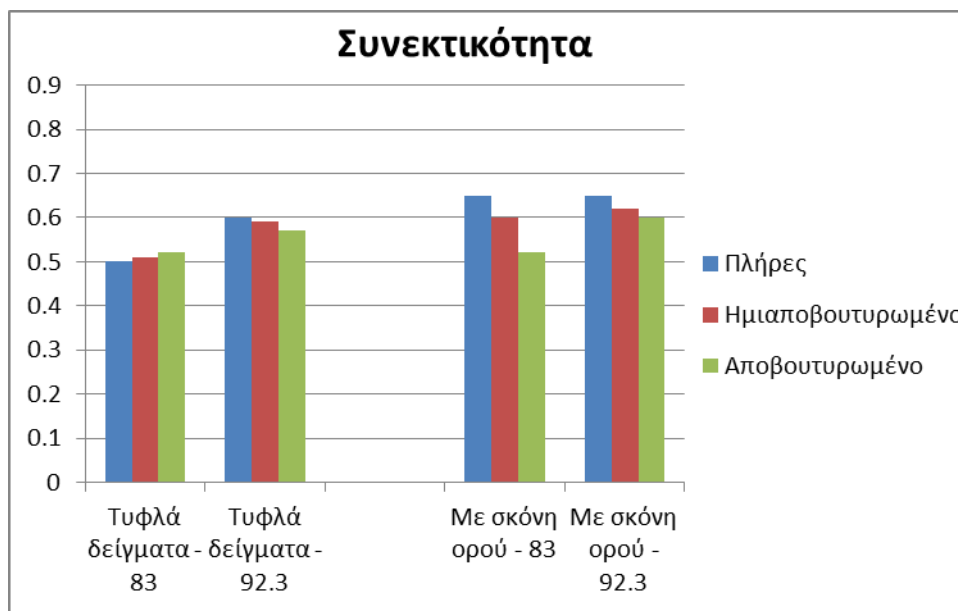
- Σκληρότητα (N)

Διάγραμμα 9.2.14: Σκληρότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



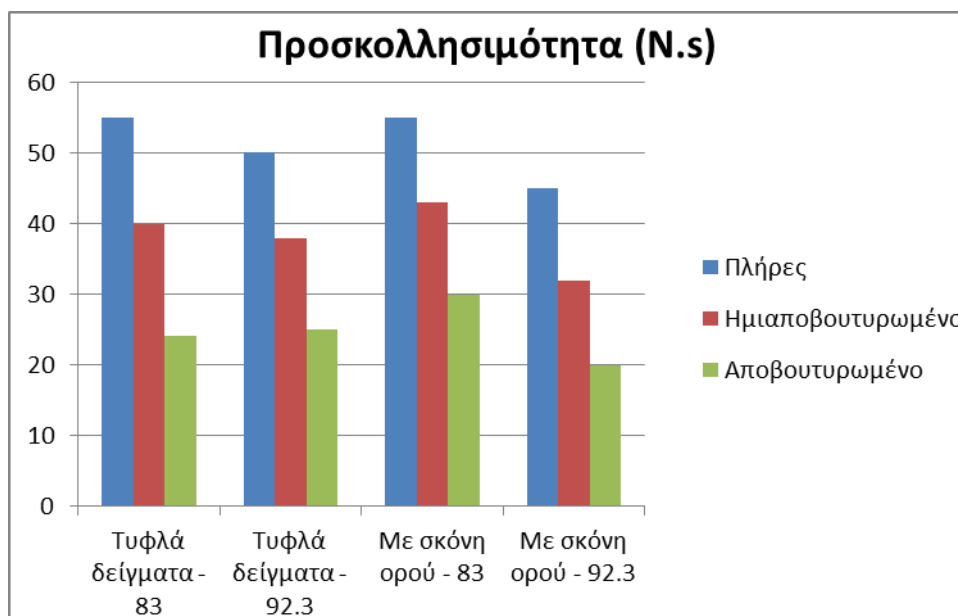
- Συνεκτικότητα

Διάγραμμα 9.2.15: Συνεκτικότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



- Προσκολλησιμότητα (N · s)

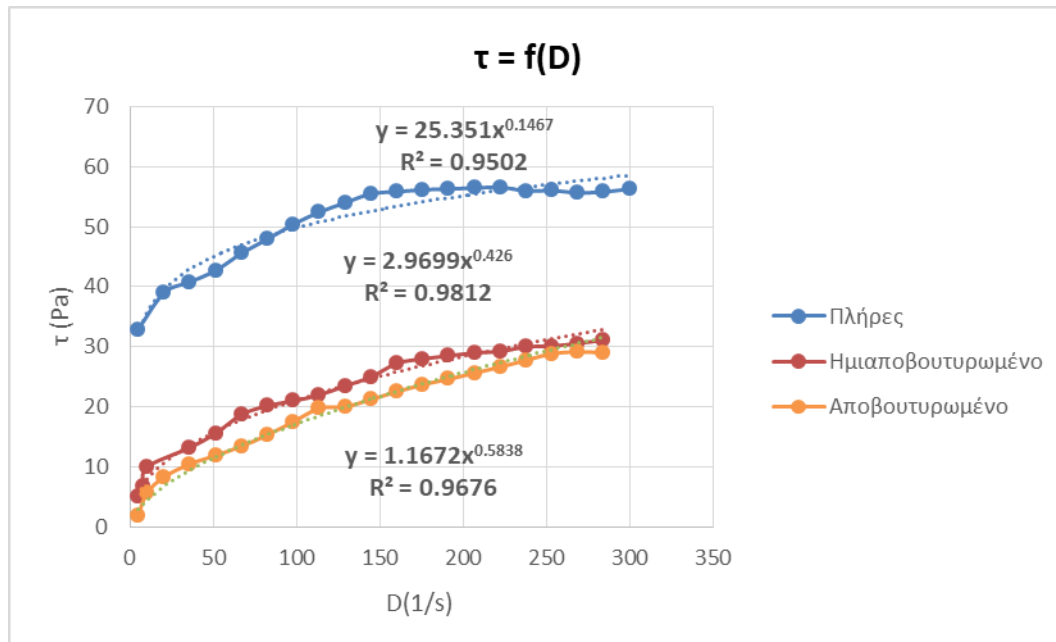
Διάγραμμα 9.2.16: Προσκολλησιμότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, που θερμάνθηκε στους 83° C για 20min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



9.2.8 Ρεολογικά χαρακτηριστικά για τα δείγματα αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού με προσθήκη στερεών ενίσχυσης

Από τις τιμές της διατμητικής τάσης (τ) και του ρυθμού διάτμησης (D) που ελήφθησαν από το ροόμετρο για τα δείγματα αναμεμιγμένου (stirred) τύπου γιαουρτιού, μετά από υπολογισμούς θα βρεθούν οι σταθερές συνεκτικότητας (k) καθώς και οι συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς (n) μέσω των εξισώσεων που δημιουργήθηκαν από το διάγραμμα $\tau = f(D)$.

Διάγραμμα 9.2.17: Διάγραμμα διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης για $T = 20^\circ\text{C}$



Με τη χρήση του excel προκύπτει ότι τόσο η πολυωνυμική εξίσωση δευτέρου βαθμού όσο και οι γραμμές τάσης δύναμης παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και με πολύ καλή ακρίβεια. Καλύτερη προσαρμογή όμως παρουσιάζουν οι γραμμές τάσης-δύναμης για τα συγκεκριμένα δεδομένα. Έτσι η εξάρτηση της διατμητικής τάσης από το ρυθμό διάτμησης για τη θερμοκρασία $T = 20^{\circ}\text{C}$ είναι:

Για τα δείγματα από πλήρες γάλα: $y = 25,351 * x^{0.1467}$

Για τα δείγματα από ημιαποβουτυρωμένο γάλα: $y = 2,9699 * x^{0.426}$

Για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα: $y = 1,1672 * x^{0.5838}$

Επομένως η σχέση διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία δεν είναι γραμμική, δηλαδή τα εξεταζόμενα δείγματα συμπεριφέρονται ως μη νευτωνικά ρευστά και περιγράφονται από το νόμο του Ostwald όπου ισχύει:

$$\tau = k * D^n$$

Στο παρακάτω πίνακα, δίνονται οι συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς (η) και οι σταθερές συνεκτικότητας (k):

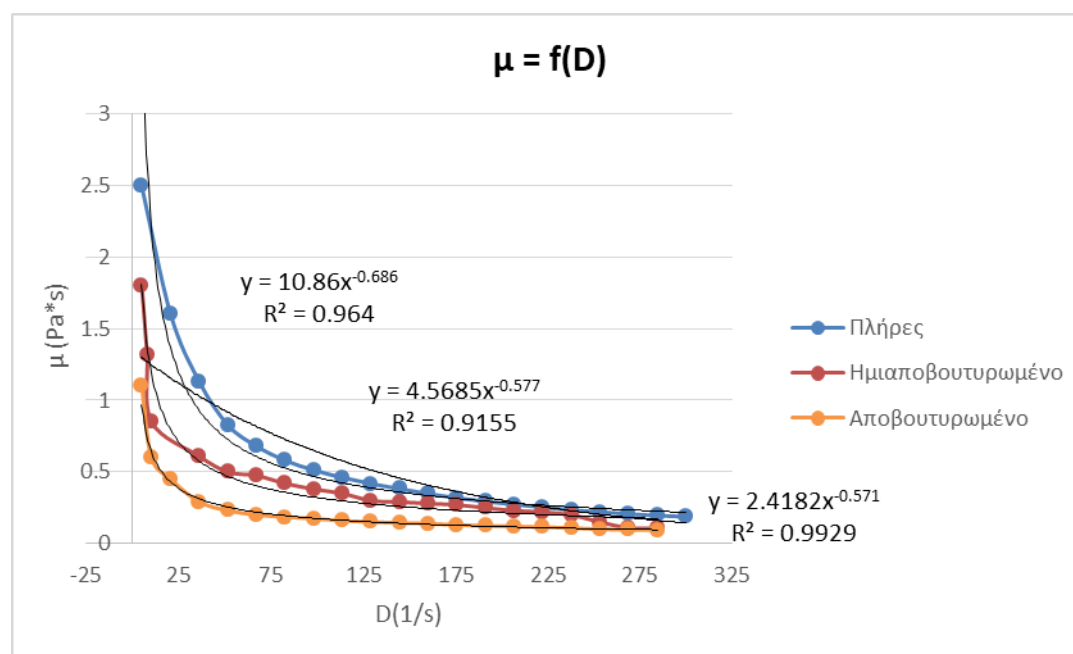
Είδος γάλακτος	k	n
Πλήρες	25,351	0,1467
Ημιαποβουτυρωμένο	2,9699	0,426
Αποβουτυρωμένο	1,1672	0,5838

Η σχέση φαινόμενου ιξώδους (μ) - ρυθμού διάτμησης προκύπτει διαιρώντας τη παραπάνω σχέση με το ρυθμό διάτμησης. Τελικά προκύπτει:

$$\frac{\tau}{D} = \mu = k * D^{n-1}$$

Ανάλογα με τη τιμή του n τα ρευστά διακρίνονται σε ψευδοπλαστικά ($n < 1$) και πηγνύομενα ($n > 1$). Για να βρεθεί η τιμή του n σχεδιάζεται το διάγραμμα φαινόμενου ιξώδους-ρυθμού διάτμησης για θερμοκρασία $T=20^{\circ}\text{C}$. Όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα, χρησιμοποιούνται οι τιμές στις οποίες ο ρυθμός διάτμησης μεταβάλλεται.

Διάγραμμα 9.2.18: Διάγραμμα φαινόμενου ιξώδους - ρυθμού διάτμησης



Με βάση το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι η εξάρτηση του φαινόμενου ιξώδους από το ρυθμό διάτμησης είναι:

Για τα δείγματα από πλήρες γάλα: $y = 10,86 * x^{-0,686}$

Για τα δείγματα από ημιαποβουτυρωμένο γάλα: $y = 4,5685 * x^{-0,577}$

Για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα: $y = 0,8483 * x^{-0,571}$

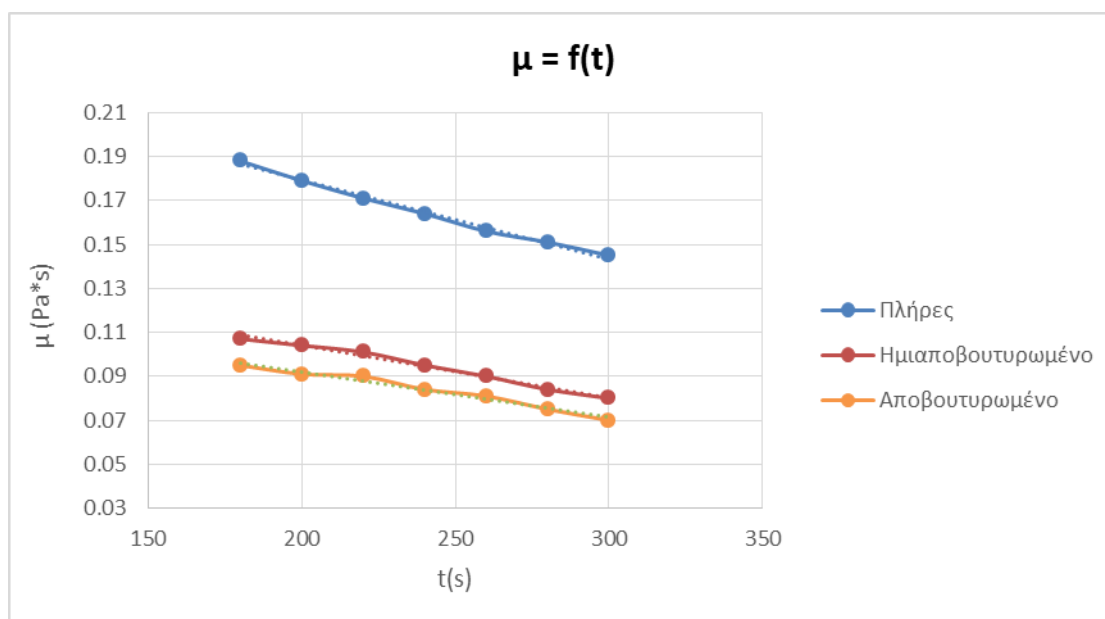
Συνεπώς, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εξάρτηση του φαινομένου ιξώδους από την διατμητική τάση είναι της μορφής:

$$\mu = k * D^{n-1}$$

με $n < 1$ οπότε τα δείγματα γιαουρτιού για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία συμπεριφέρονται ως ψευδοπλαστικά ρευστά. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει και από την θεωρία ότι δηλαδή αύξηση του ρυθμού διάτμησης συνεπάγεται αύξηση της διατμητικής τάσης και μείωση του φαινομένου ιξώδους.

Τέλος, μπορεί να δοθεί και το διάγραμμα που απεικονίζει τη μεταβολή του φαινομένου ιξώδους συναρτήσει του χρόνου για σταθερό ρυθμό διάτμησης, προκειμένου να μελετηθεί αν τα δείγματα του γιαουρτιού, συμπεριφέρονται ως θιξοτροπικά ή ρεοπηκτικά ρευστά. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, ο ρυθμός διάτμησης παραμένει σταθερός από $t=180 - 300s$. Άρα για το διάγραμμα θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές του φαινομένου ιξώδους σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Διάγραμμα 9.2.19: Διάγραμμα του φαινομένου ιξώδους - χρόνου



Από το διάγραμμα αυτό, παρατηρείται ότι τα δείγματα που μελετήθηκαν μπορούν να θεωρηθούν ως θιξοτροπικά, καθώς το φαινόμενο ιξώδες, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στα διαγράμματα παρατηρείται ότι κατά την ήπια θερμική κατεργασία (83°C για 20 min) ο χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα χωρίς προσθήκη ήταν μεγαλύτερος από αυτόν των δειγμάτων που πραγματοποιήθηκε προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος, ενώ κατά την έντονη (92.3°C για 5-10 min) το αντίστροφο. Επίσης, ο ρυθμός μεταβολής του pH ήταν μεγαλύτερος για τα δείγματα με προσθήκη σκόνης ορού και στις δύο περιπτώσεις, καθώς η λανθάνουσα φάση του pH ήταν μεγαλύτερη για τα δείγματα με σκόνη ορού για την ήπια και μικρότερη για την έντονη θερμική κατεργασία σε σχέση με τα τυφλά δείγματα.

Όσον αφορά το ρυθμό μεταβολής του ιξώδους, παρατηρείται πως είναι μεγαλύτερος για τα δείγματα με προσθήκη σκόνης ορού για την ήπια, αλλά μικρότερος κατά την έντονη θερμική κατεργασία, καθώς η λανθάνουσα φάση του ιξώδους για τα δείγματα με προσθήκη στερεών ενίσχυσης ήταν μεγαλύτερη και για δύο θερμικές κατεργασίες. Για το ιξώδες κατά την επώαση (45°C), αλλά και για το ιξώδες μετά την ψύξη (4°C), παρατηρήθηκε ότι οι τιμές τους, ήταν μεγαλύτερες για τα δείγματα με προσθήκη σκόνης ορού και για τις δύο θερμικές κατεργασίες.

Ακόμα, για την ανάλυση αντικειμενικής υφής από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι η σκληρότητα των τυφλών δειγμάτων ήταν μεγαλύτερη κατά την ήπια, ενώ κατά την έντονη θερμική επεξεργασία μικρότερη από αυτή των δειγμάτων με προσθήκη σκόνης ορού. Η συνεκτικότητα ήταν μικρότερη για τα δείγματα χωρίς προσθήκη σε σχέση με αυτά που πραγματοποιήθηκε προσθήκη σκόνης ορού και για τις δύο περιπτώσεις, ενώ η προσκολλησιμότητα δεν έδειξε καμία διαφορά κατά την ήπια θερμική κατεργασία, αλλά κατά την έντονη τα τυφλά δείγματα ήταν αυτά που παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές συγκριτικά με τα δείγματα που έγινε προσθήκη.

Στατιστική επεξεργασία

Όταν γίνεται ενίσχυση στερεών, όσον αφορά τον χρόνο ζύμωσης κατά την έντονη θερμική κατεργασία φαίνεται πως λαμβάνει χώρα γρηγορότερα σε σχέση με την ήπια, καθώς επίσης τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα εμφανίζουν μικρότερες τιμές από τα άλλα δύο είδη γάλακτος. Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA, έδειξε ότι ο χρόνος ζύμωσης επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος ($p < 0.05$). Επιπλέον, από τα διαγράμματα φαίνεται ότι ο ρυθμός μεταβολής του pH είναι μεγαλύτερος στην ήπια θερμική κατεργασία, ενώ η λανθάνουσα φάση του pH στην έντονη. Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι ο ρυθμός μεταβολής του pH δεν επηρεάζεται από τους δύο παράγοντες, ενώ η λανθάνουσα φάση επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος. Παρομοίως, ο ρυθμός μεταβολής του ιξώδους εμφανίζει ελαχίστως μεγαλύτερες τιμές στην ήπια θερμική κατεργασία, ενώ η λανθάνουσα φάση του ιξώδους αρκετά μεγαλύτερες στην έντονη θερμική κατεργασία. Από τη στατιστική επεξεργασία παρατηρείται ότι ο ρυθμός μεταβολής του ιξώδους επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος, ενώ η λανθάνουσα φάση δεν επηρεάζεται σημαντικά ούτε από το είδος του γάλακτος, ούτε από τη θερμική κατεργασία. Το ιξώδες κατά την επώαση, εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές κατά την έντονη θερμική κατεργασία, καθώς επηρεάζεται σημαντικά και από τους δύο

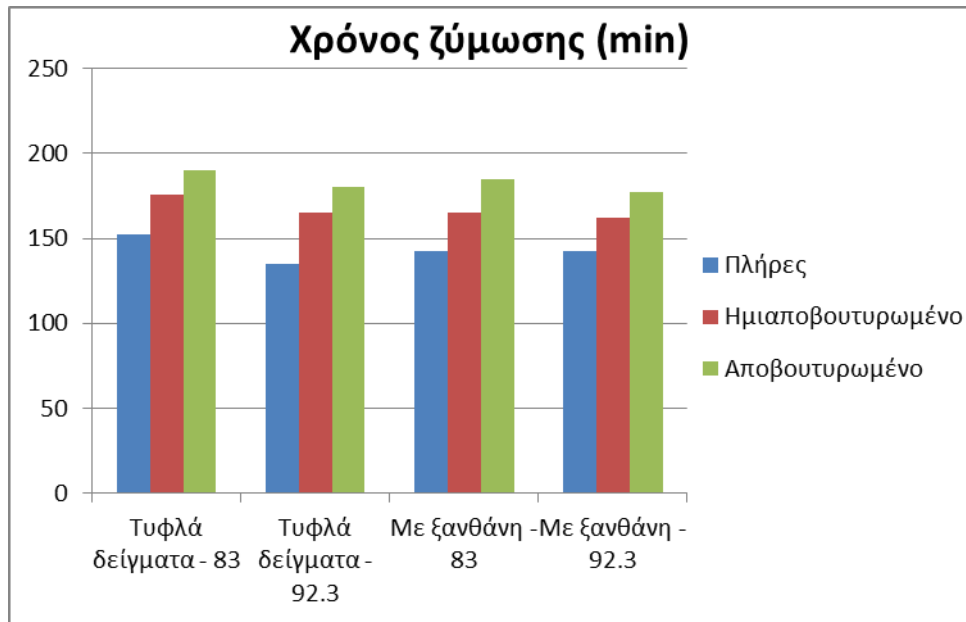
παράγοντες, ενώ το ιξώδες μετά την ψύξη, επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος. Όσον αφορά την ανάλυση της υφής των γιαουρτιών, η σκληρότητα έδειξε πως δεν επηρεάζεται σημαντικά από τους δύο παράγοντες, γεγονός που δικαιολογείται και από τις μικρές διαφορές των τιμών της, από τα διαγράμματα, όπως το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για τη συνεκτικότητα. Η προσκολλησιμότητα από την άλλη παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές κατά την ήπια θερμική κατεργασία, ενώ έδειξε πως επηρεάζεται και από το είδος γάλακτος, αλλά και από τη θερμική κατεργασία ($p < 0.05$). Τέλος, όσον αφορά τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού, η σταθερά συνεκτικότητας, ο συντελεστής ρεολογικής συμπεριφοράς αλλά και το φαινόμενο ιξώδες έδειξαν πως επηρεάζονται σημαντικά ($p < 0.05$) από το είδος του γάλακτος.

9.3 Επίδραση σταθεροποιητών

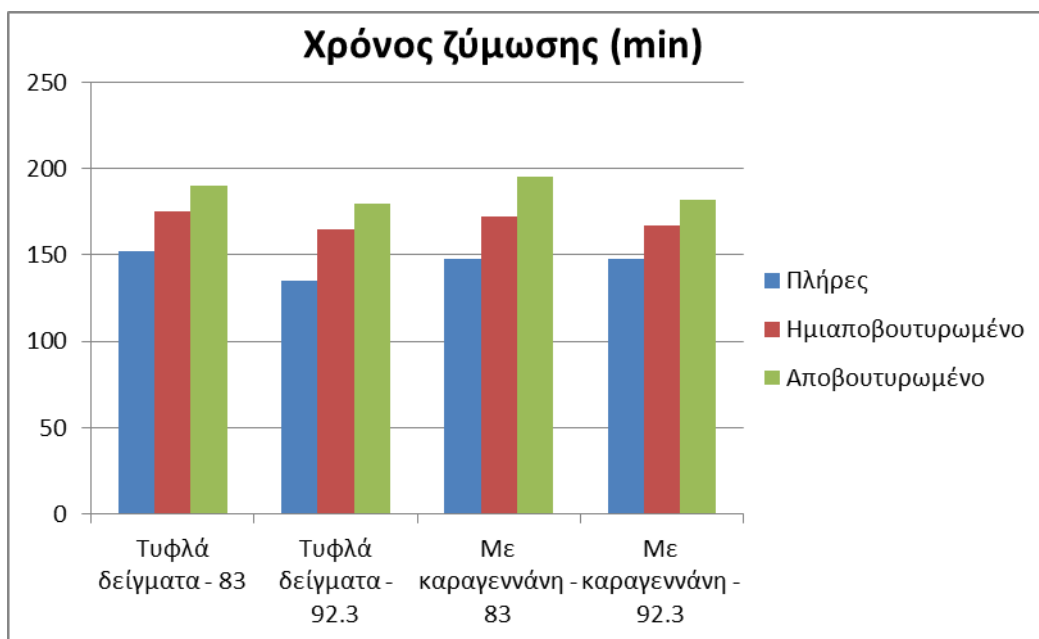
Στη 3^η Σειρά των πειραμάτων, πραγματοποιήθηκε προσθήκη Ξανθάνης και κ-Καραγεννάνης 0.02% κ.β. στα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα. Αρχικά, απεικονίζονται τα διαγράμματα για τα δείγματα που έχουν υποστεί ήπια θερμική κατεργασία (83°C για 20 min) και έντονη θερμική κατεργασία (92.3°C για 5 - 10 min) με προσθήκη ξανθάνης και μετά με προσθήκη κ-καραγεννάνης.

9.3.1 Χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών

Διάγραμμα 9.3.1: Ο χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με προσθήκη ξανθάνης 0.02% κ.β. στους 83°C για 20 min και στους 92.3 °C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

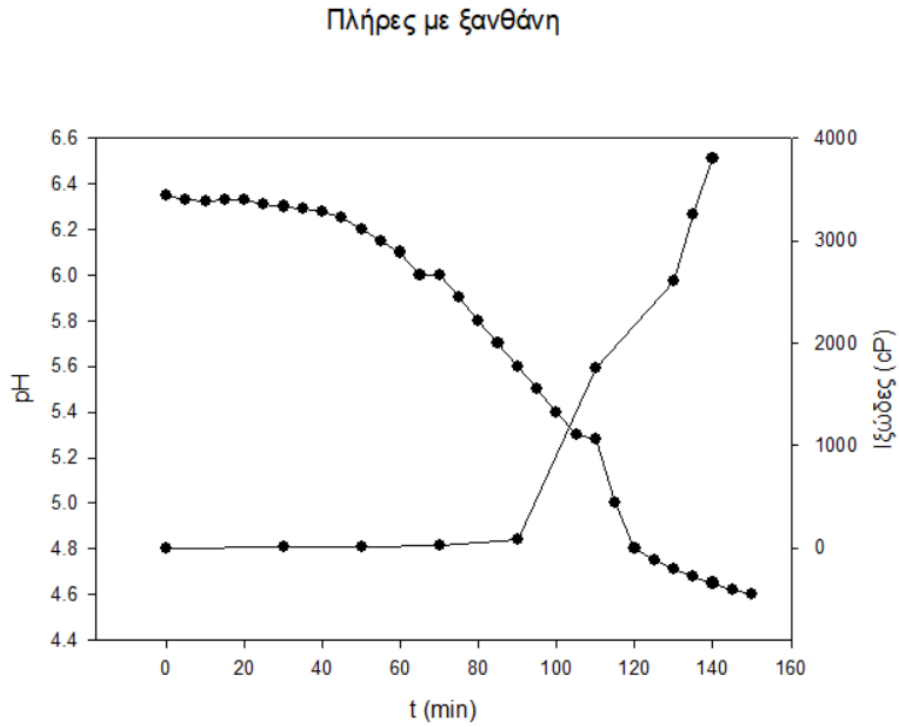


Διάγραμμα 9.3.2: Ο χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με προσθήκη κ-καραγεννάνης 0.02% κ.β. στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



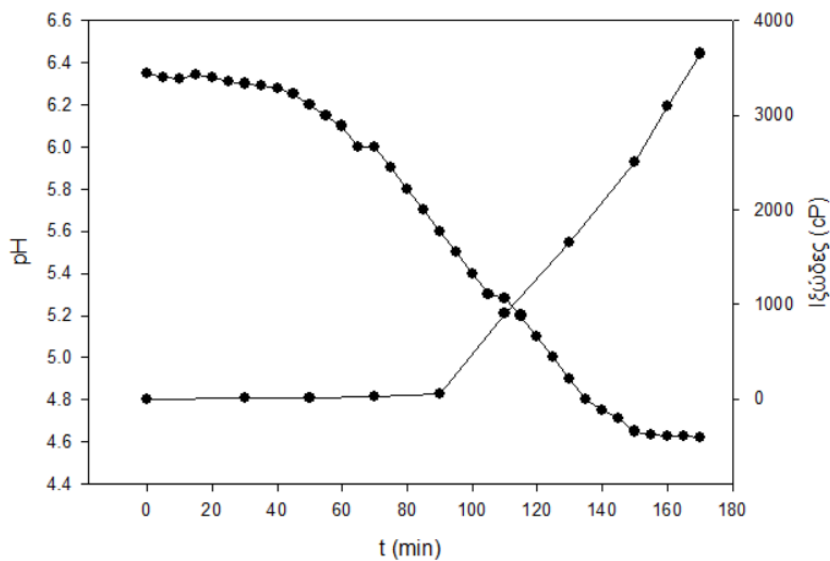
9.3.2 Εφαρμογή μοντέλων για το pH και το ιξώδες για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών

Διάγραμμα 9.3.3: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη ξανθάνης



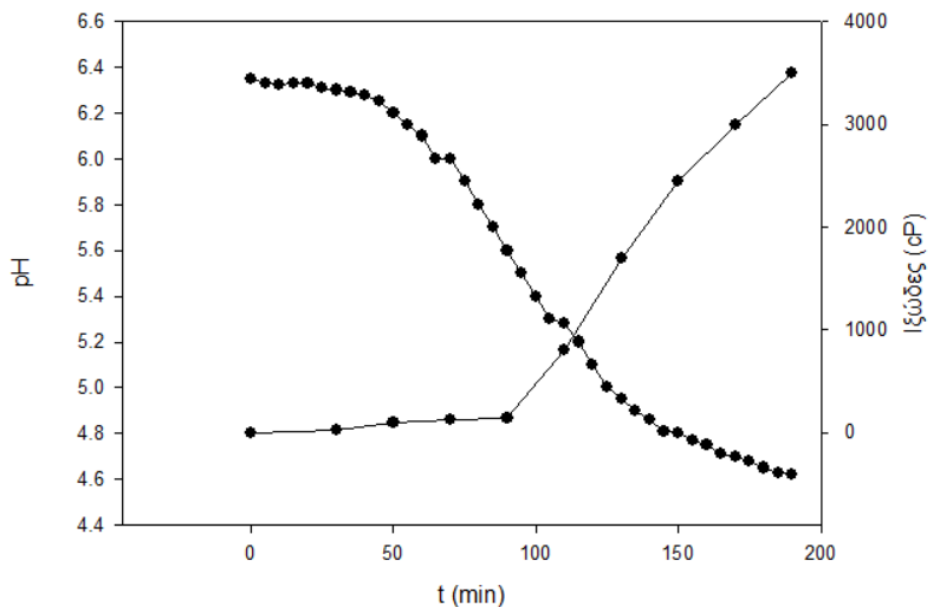
Διάγραμμα 9.3.4: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη ξανθάνης

Ημιαποβουτυρωμένο με ξανθάνη



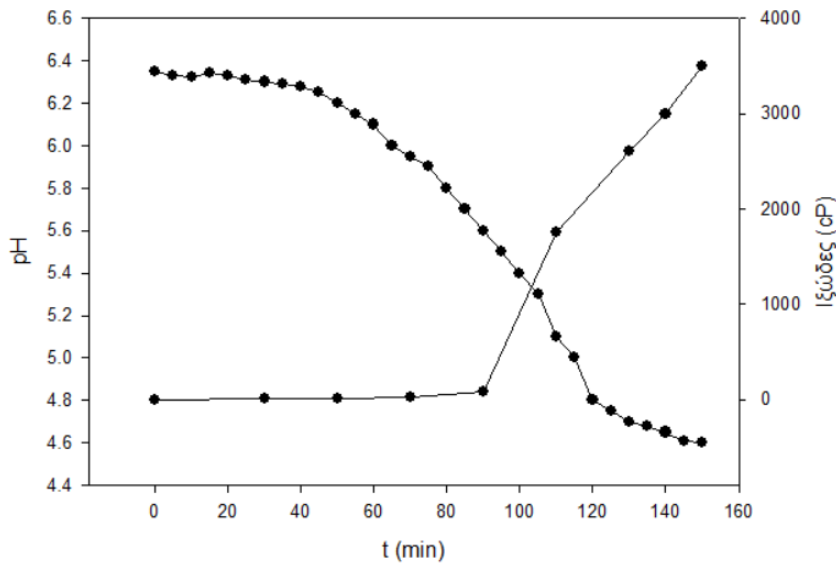
Διάγραμμα 9.3.5: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη ξανθάνης

Αποβουτυρωμένο με ξανθάνη



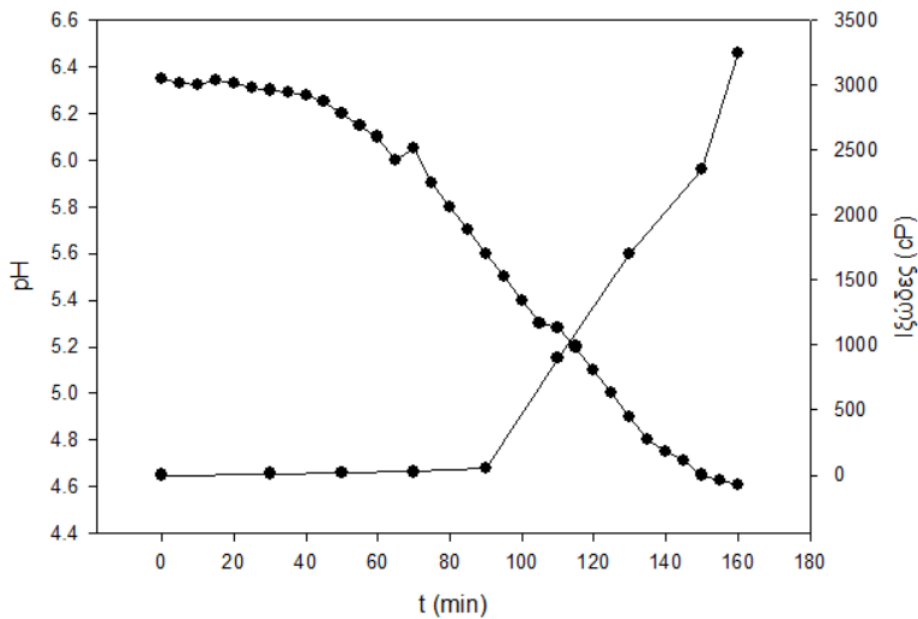
Διάγραμμα 9.3.6: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη ξανθάνης

Πλήρες με ξανθάνη στους 92.3°C



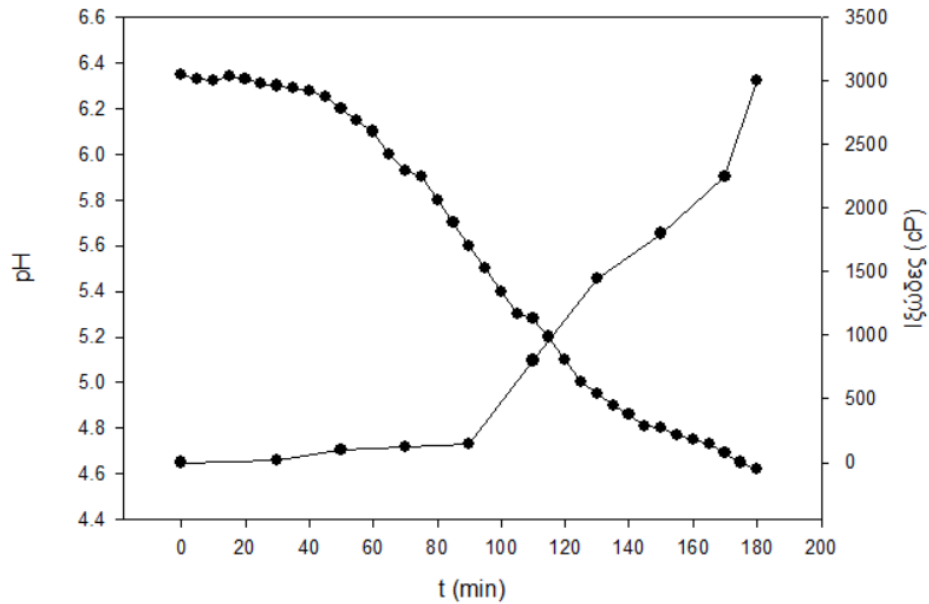
Διάγραμμα 9.3.7: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη ξανθάνης

Ημιαποβουτυρωμένο με ξανθάνη στους 92.3°C



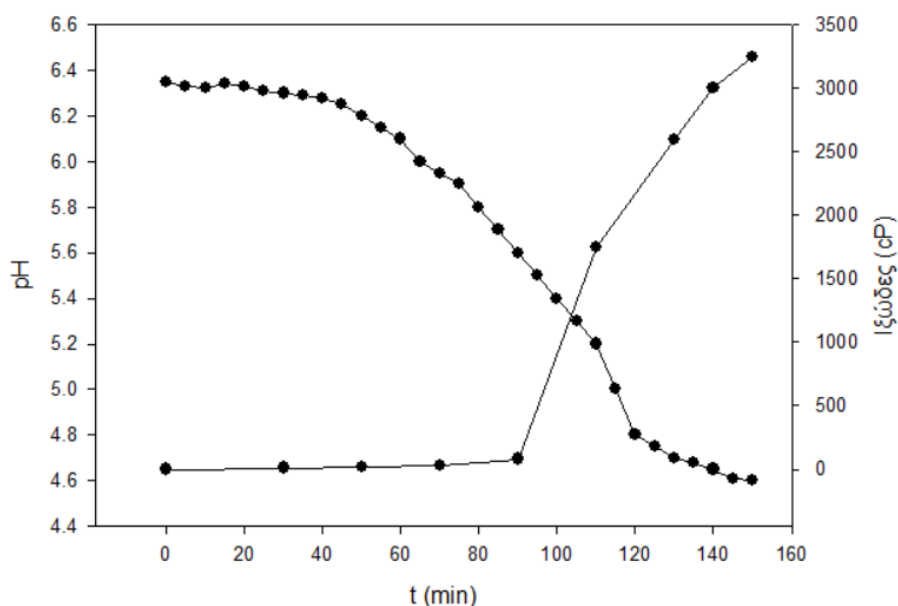
Διάγραμμα 9.3.8: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη ξανθάνης

Αποβουτυρωμένο με ξανθάνη στους 92.3°C



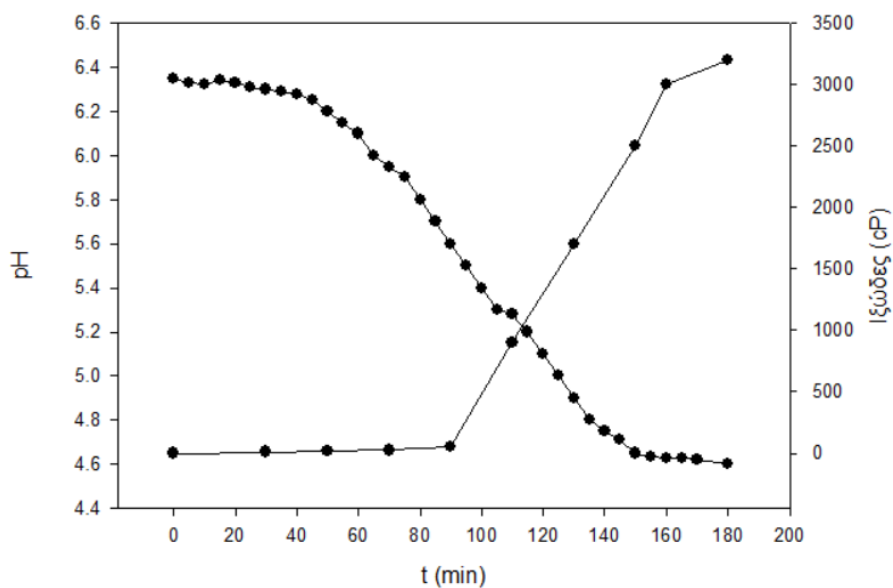
Διάγραμμα 9.3.9: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη καραγεννάνης

Πλήρες με καραγεννάνη



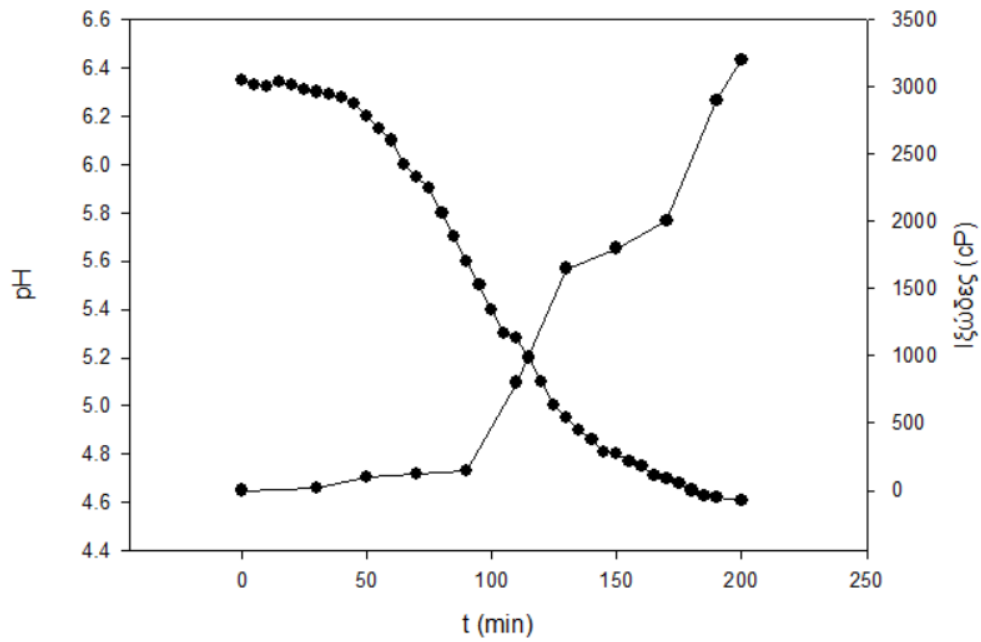
Διάγραμμα 9.3.10: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη του κόμματος καραγεννάνης

Ημιαποβουτυρωμένο με καραγεννάνη



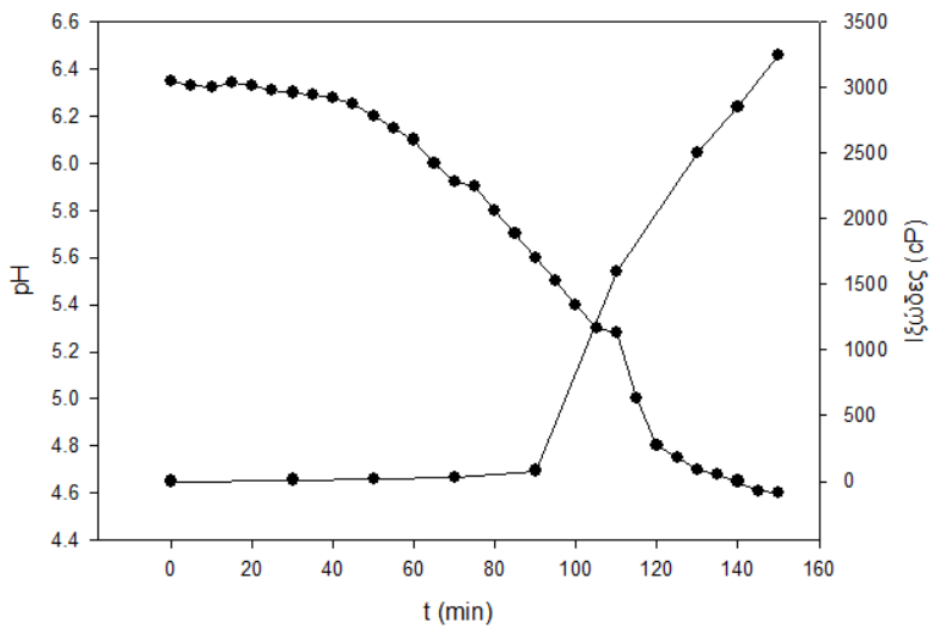
Διάγραμμα 9.3.11: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min με προσθήκη καραγεννάνης

Αποβουτυρωμένο με καραγεννάνη



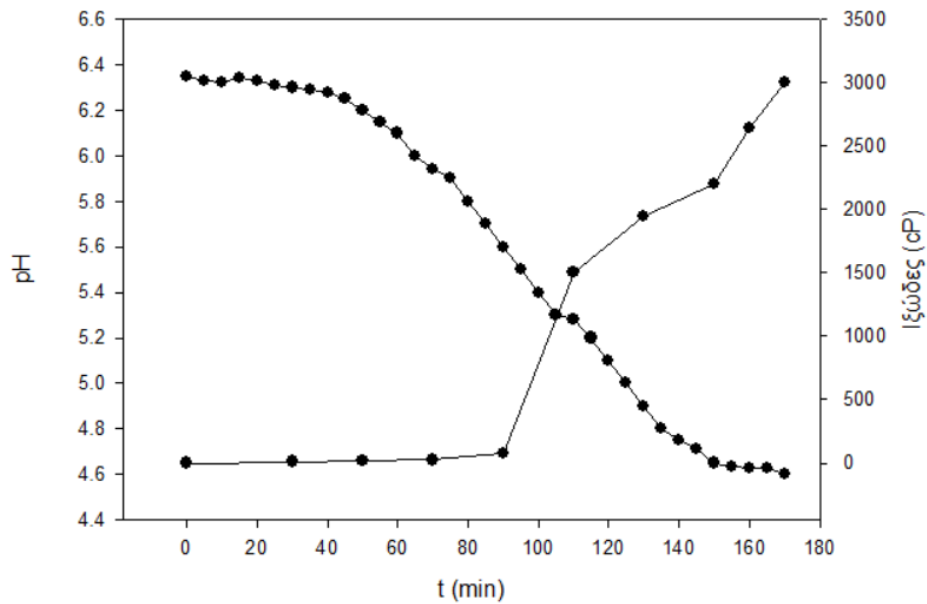
Διάγραμμα 9.3.12: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του πλήρους γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη καραγεννάνης

Πλήρες με καραγεννάνη στους 92.3°C



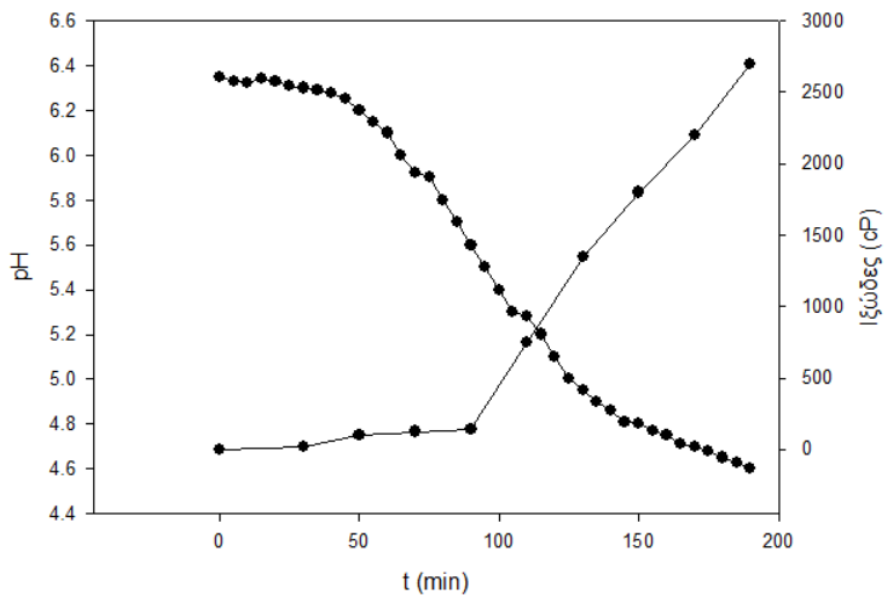
Διάγραμμα 9.3.13: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη καραγεννάνης

Ημιαποβουτυρωμένο με καραγεννάνη στους 92.3°C



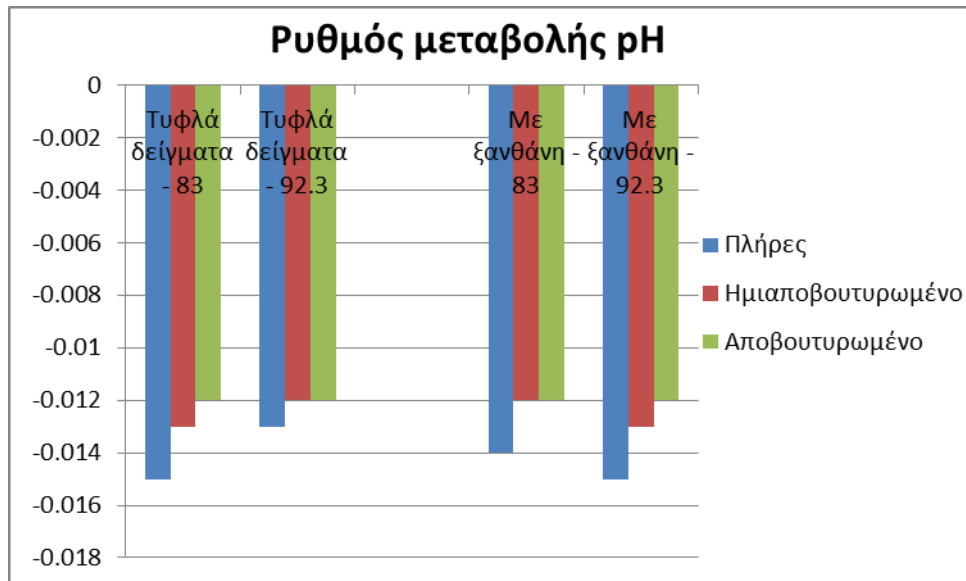
Διάγραμμα 9.3.14: Μεταβολή pH - χρόνου και ιξώδους - χρόνου κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min με προσθήκη καραγεννάνης

Αποβουτυρωμένο με καραγεννάνη στους 92.3°C

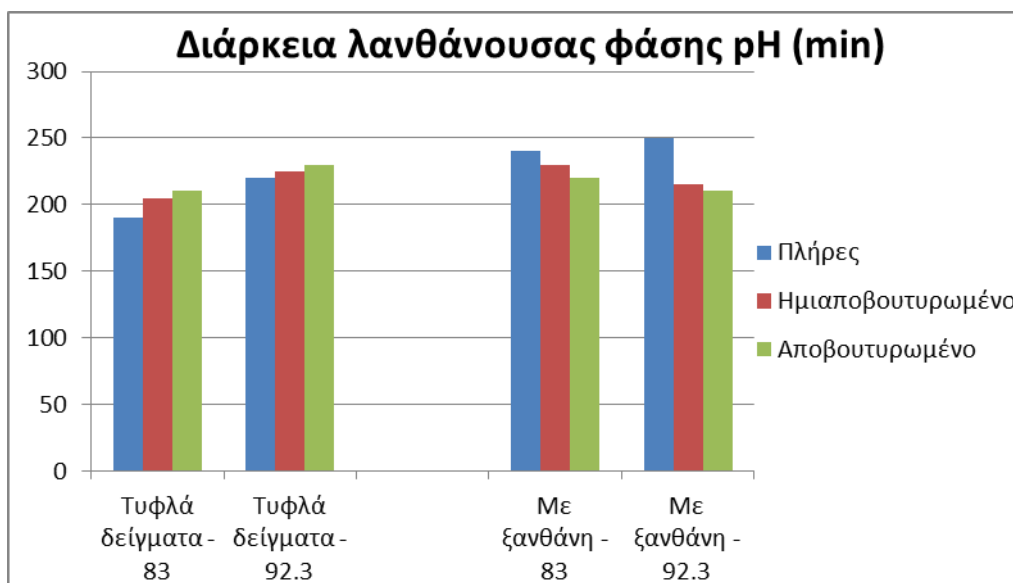


9.3.3 Ρυθμός μεταβολής pH (μρΗ) και λανθάνουσα φάση pH (λρΗ) για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών

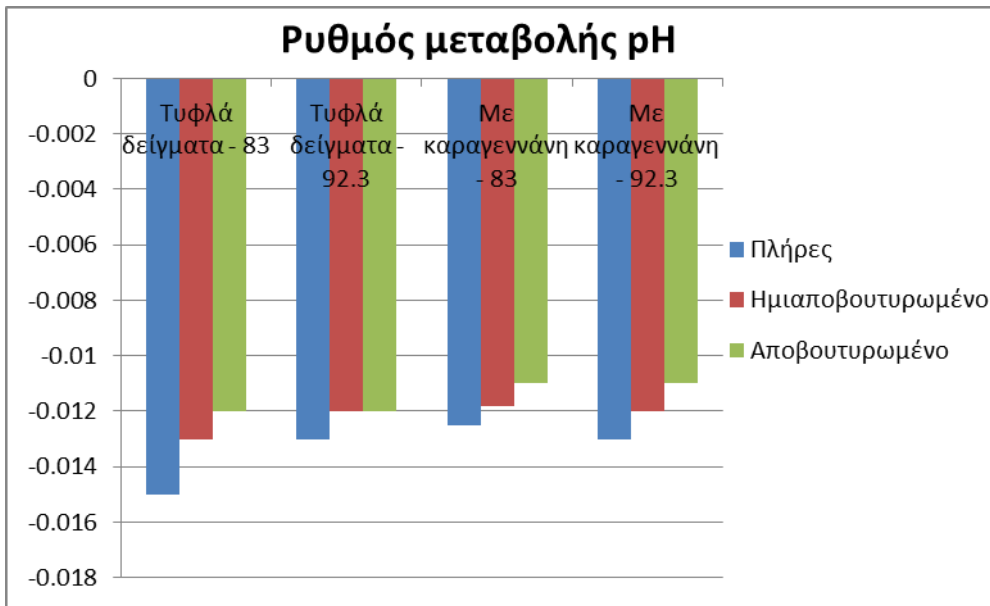
Διάγραμμα 9.3.15: Ρυθμός μεταβολής του pH για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης, που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



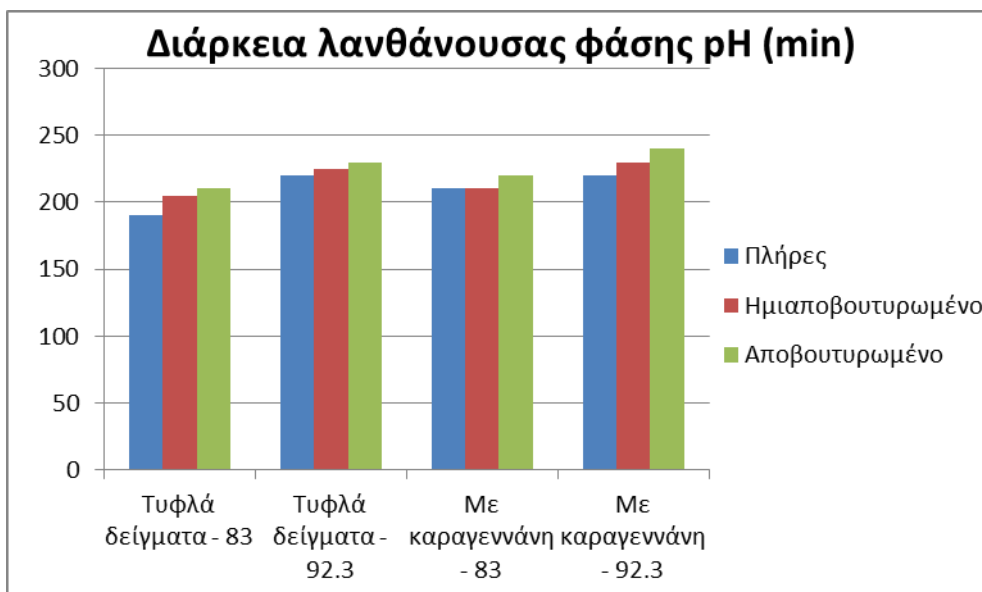
Διάγραμμα 9.3.16: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης pH (min) για τα γιαούρτια από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 9.3.17: Ρυθμός μεταβολής του pH για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-καραγεννάνης, που έχει υποστεί θερμική κατεργασία στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



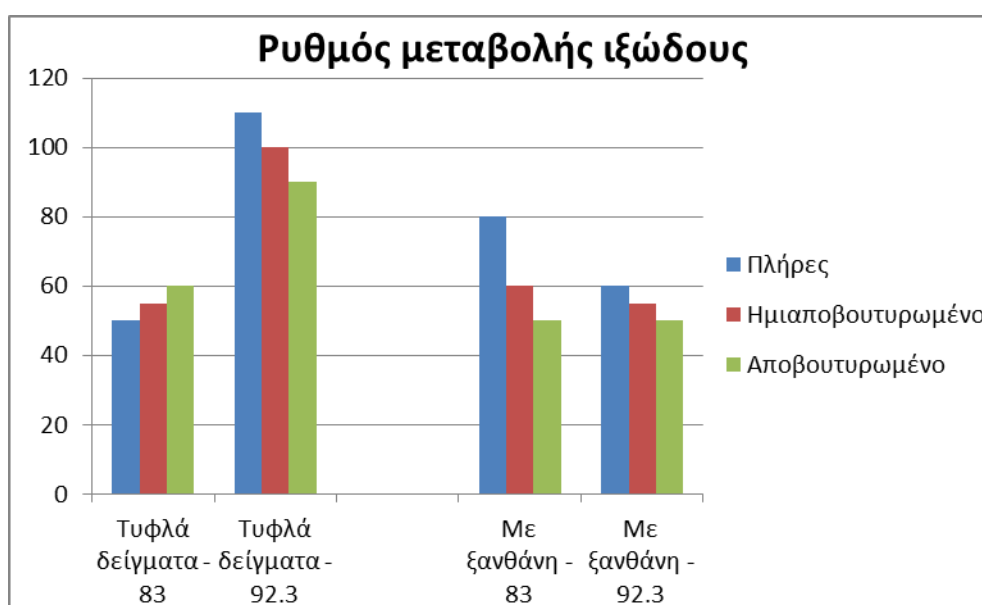
Διάγραμμα 9.3.18: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης pH (min) για τα γιαούρτια από πλήρες ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-καραγεννάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



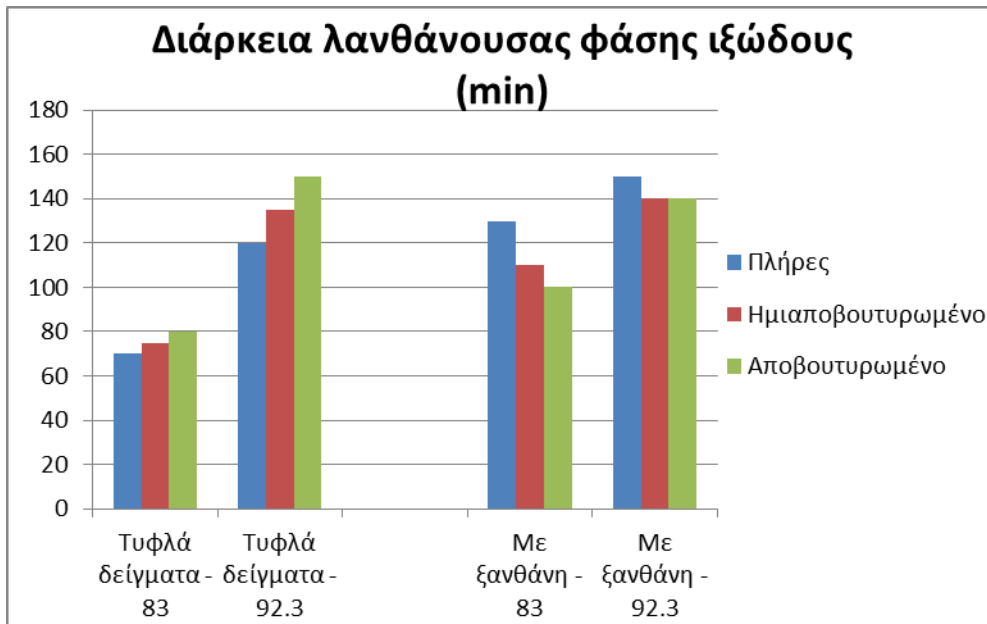
9.3.4 Ρυθμός μεταβολής και διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών

Όπως και παραπάνω, θα παρουσιαστεί αρχικά ο ρυθμός μεταβολής και έπειτα η διάρκεια λανθάνουσας φάσης του ιξώδους για τα δείγματα γιαουρτιού που προέρχονται από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, το οποίο θερμάνθηκε στους 83°C για 20min και αντίστοιχα στους 92.3°C για 5 - 10min με προσθήκη ξανθάνης και ακολούθως με προσθήκη κ- καραγεννάνης.

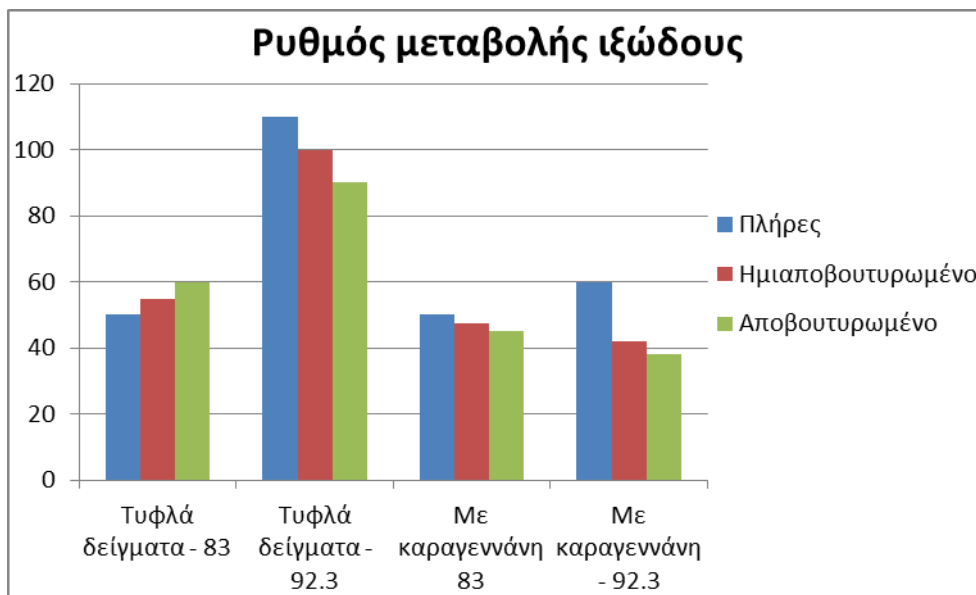
Διάγραμμα 9.3.19: Ρυθμός μεταβολής ιξώδους για τα γιαούρτια από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



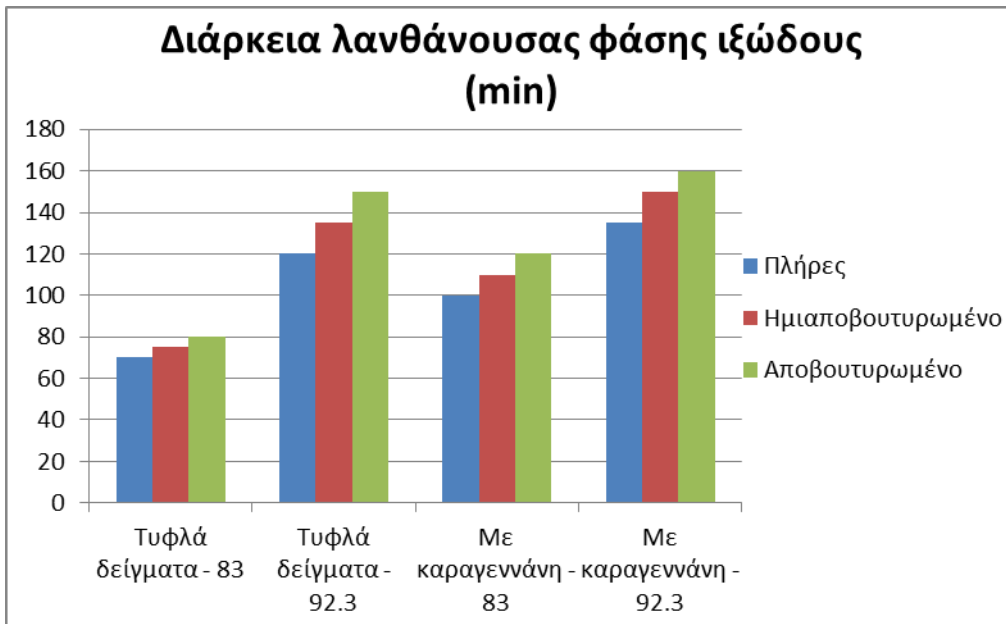
Διάγραμμα 9.3.20: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους (min) για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 9.3.21: Ρυθμός μεταβολής ιξώδους για τα γιαούρτια από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ- καραγεννάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

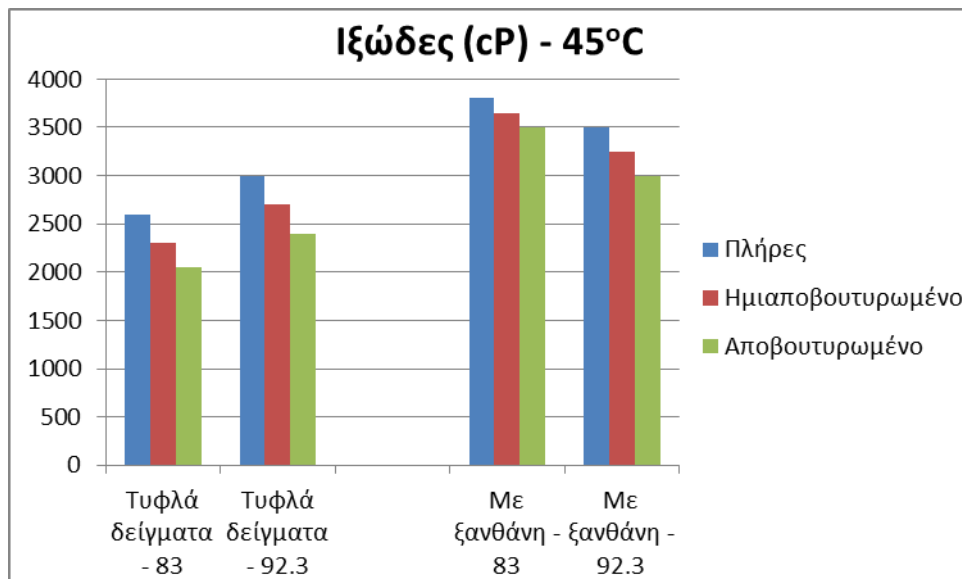


Διάγραμμα 9.3.22: Διάρκεια λανθάνουσας φάσης ιξώδους (min) για τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-καραγεννάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



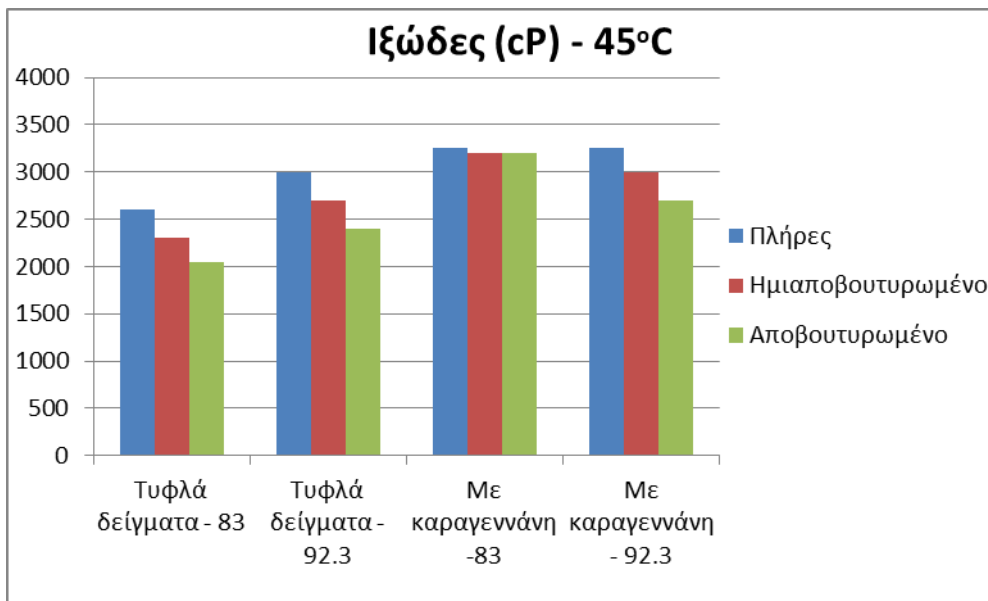
9.3.5 Ιξώδες γιαουρτιών στους 45°C

Διάγραμμα 9.3.23: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 45°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



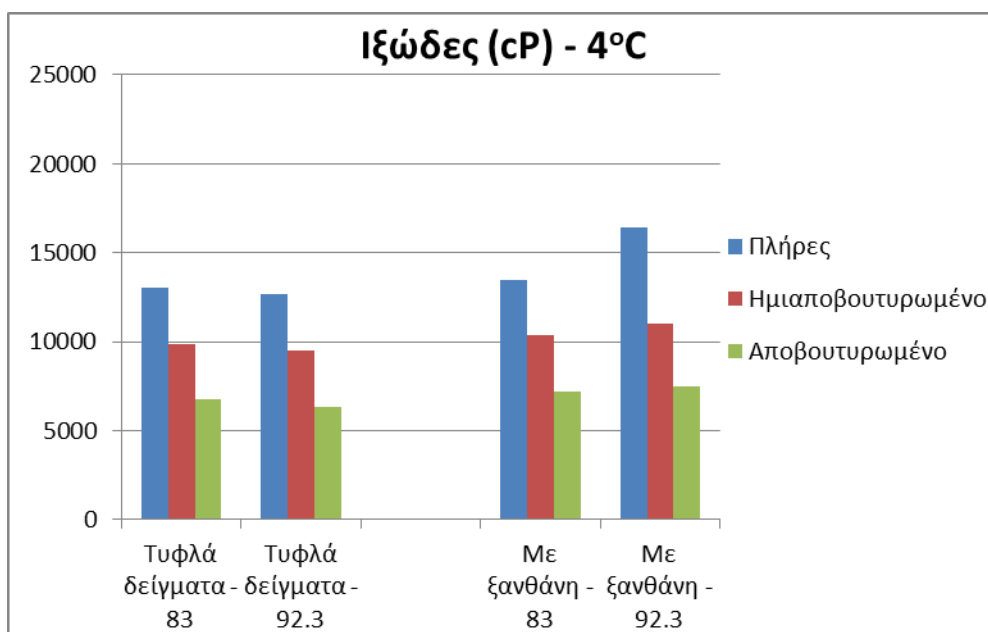
Διάγραμμα 9.3.24: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 45°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-

καραγεννάνης που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

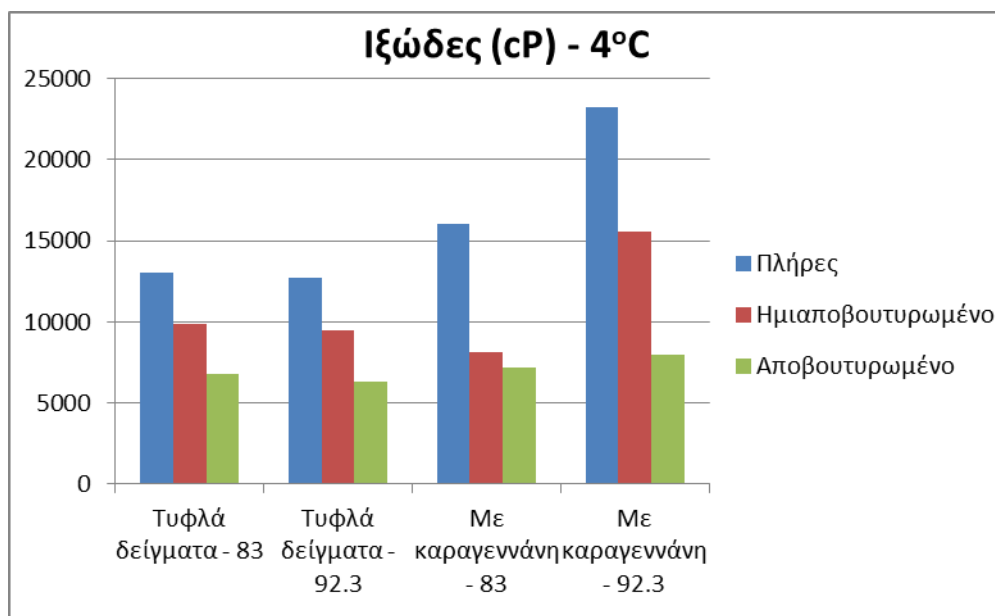


9.3.6 Ιξώδες γιαουρτιών στους 4°C

Διάγραμμα 9.3.25: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 4°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 9.3.26: Ιξώδες συνεκτικών γιαουρτιών στους 4°C που παρασκευάστηκε από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-καραγεννάνης που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

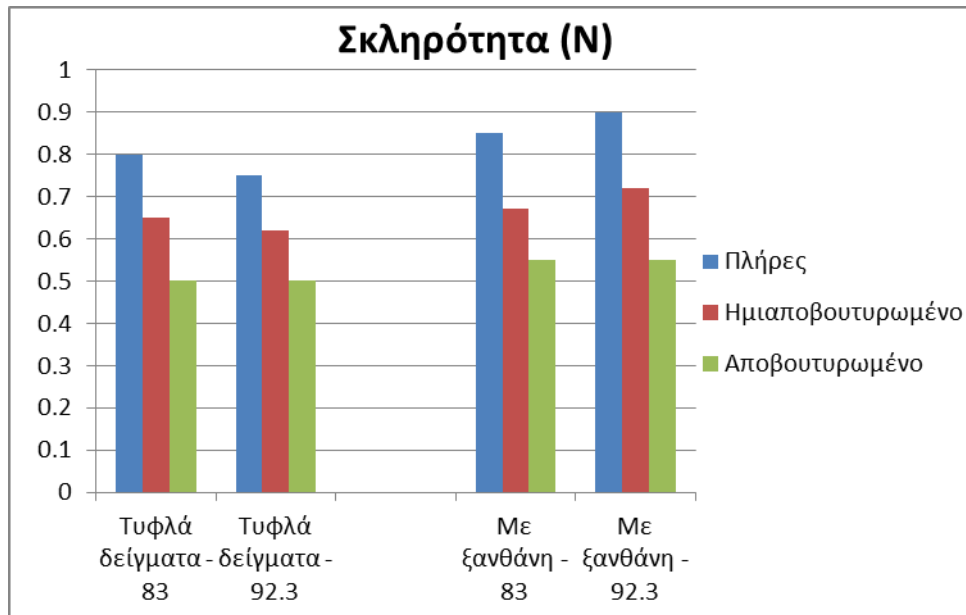


9.3.7 Ανάλυση αντικειμενικής υφής γιαουρτιών

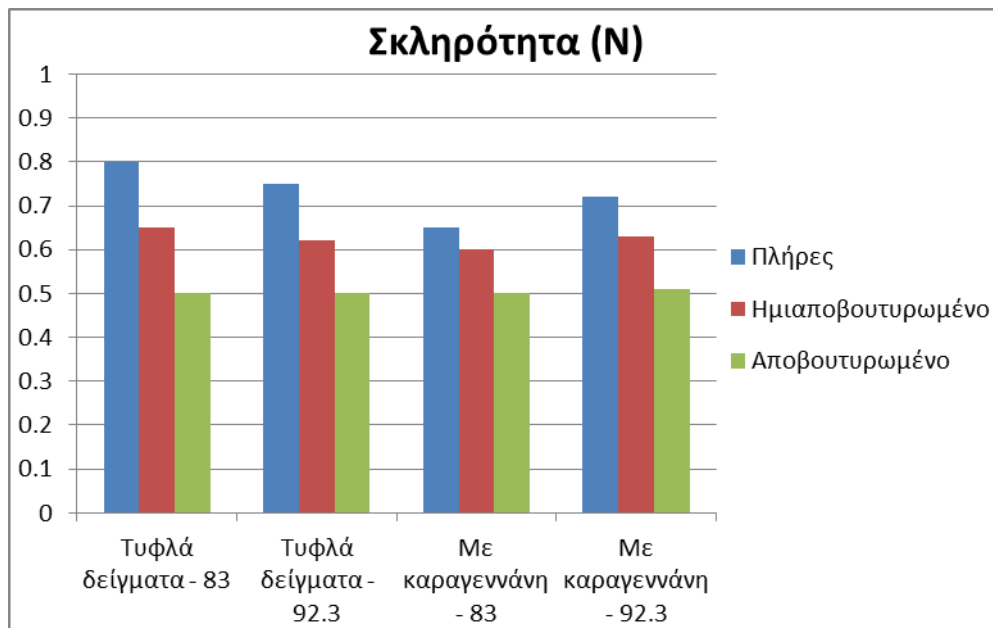
Στη συγκεκριμένη ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις παραμέτρους αντικειμενικής υφής των γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με ήπια (83°C - 20 min) και έντονη (92.3°C - 5 min) θερμική κατεργασία με προσθήκη ξανθάνης και μετά με προσθήκη κ-καραγεννάνης. Αρχικά, εξετάστηκε η παράμετρος της σκληρότητας του γιαουρτιού.

- Σκληρότητα (N)

Διάγραμμα 9.3.27: Σκληρότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

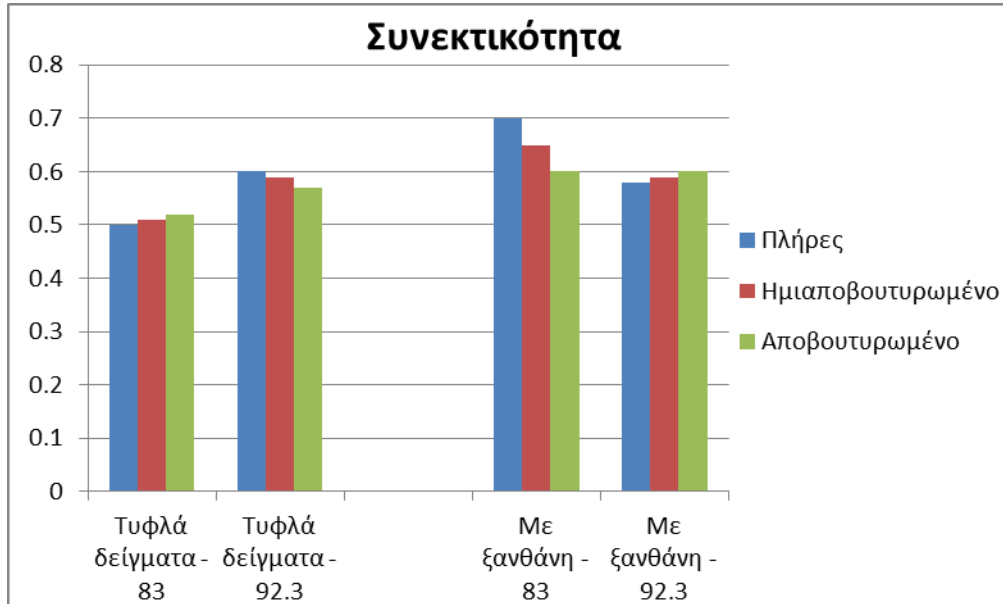


Διάγραμμα 9.3.28: Σκληρότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-καραγεννάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

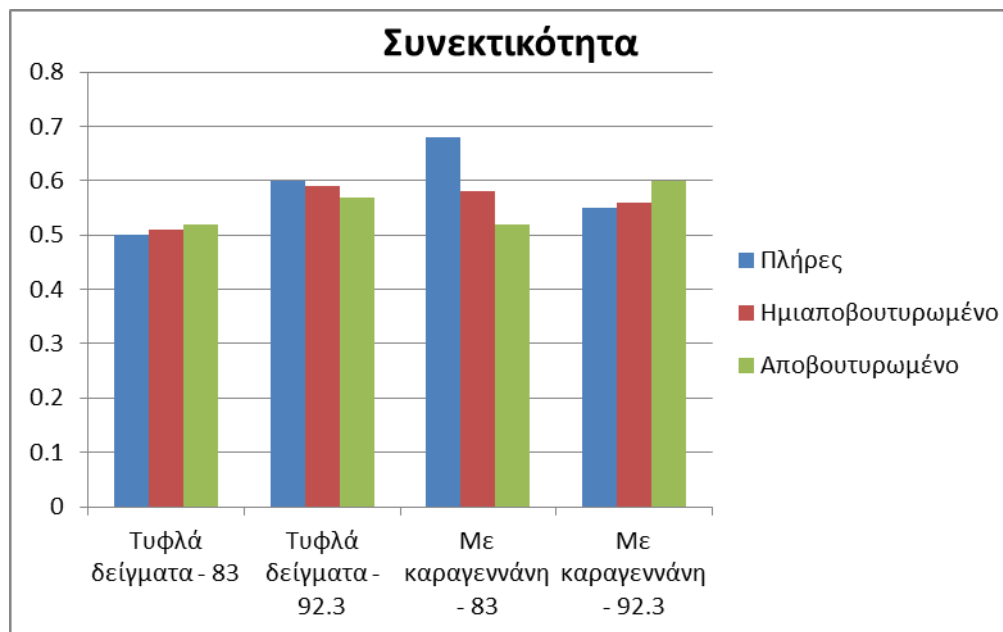


- Συνεκτικότητα

Διάγραμμα 9.3.29: Συνεκτικότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ξανθάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

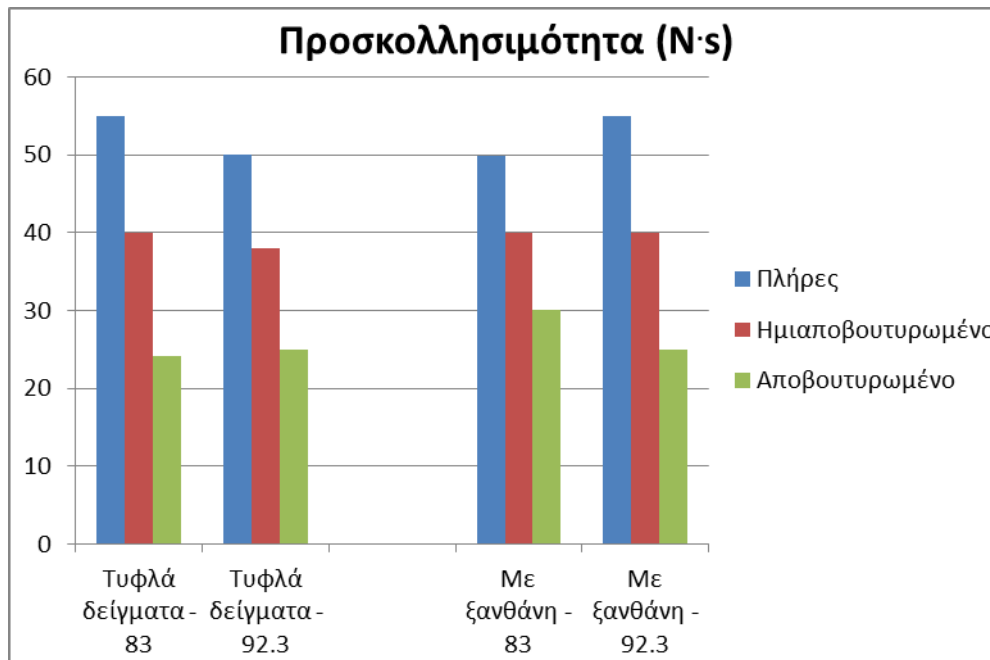


Διάγραμμα 9.3.30: Συνεκτικότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-καραγεννάνης, που θερμάνθηκε στους 83°C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα

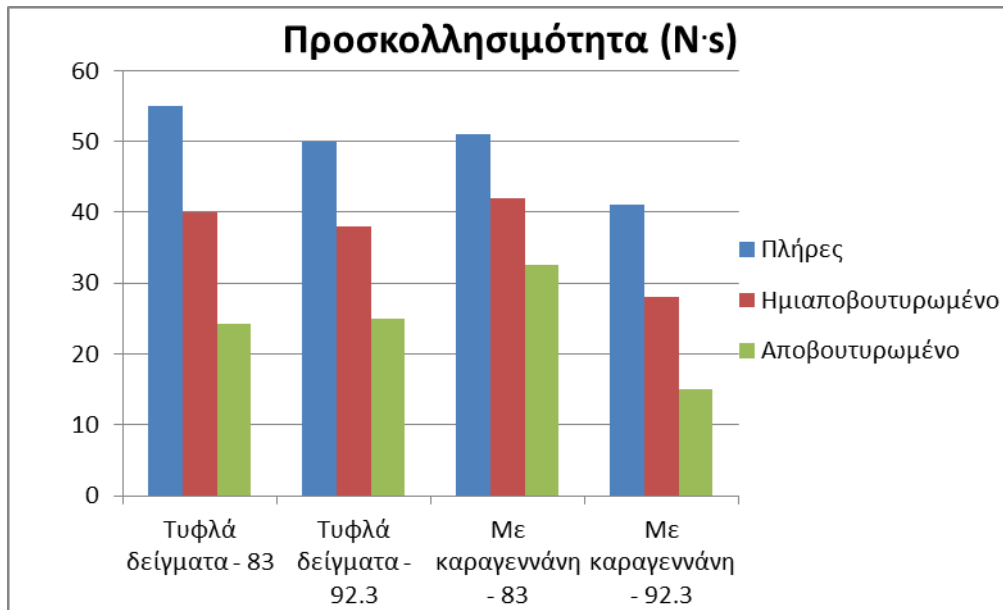


- Προσκολλησιμότητα (N · s)

Διάγραμμα 9.3.31: Προσκολλησιμότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη ζανθάνης, που θερμάνθηκε στους 83° C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



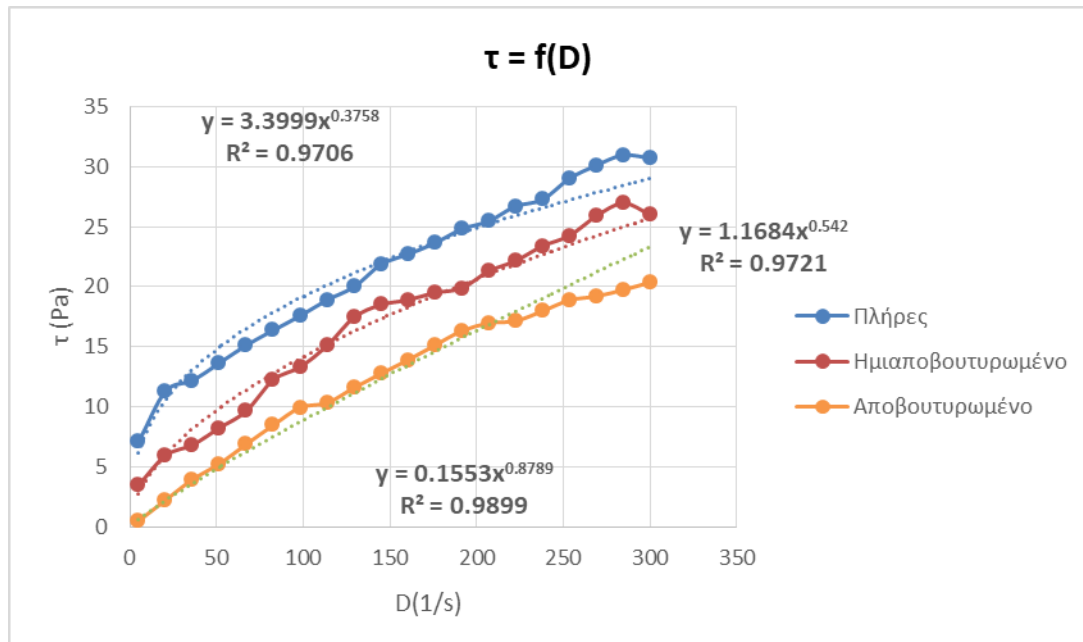
Διάγραμμα 9.3.32: Προσκολλησιμότητα συνεκτικού (set) γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ- καραγεννάνης, που θερμάνθηκε στους 83° C για 20 min και στους 92.3°C για 5 - 10 min σε σχέση με τα τυφλά δείγματα



9.3.8 Ρεολογικά χαρακτηριστικά για τα δείγματα αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού με προσθήκες σταθεροποιητών

Από τις τιμές της διατμητικής τάσης (τ) και του ρυθμού διάτμησης (D) που ελήφθησαν από το ροόμετρο για τα δείγματα αναμεμιγμένου (stirred) τύπου γιαουρτιού, μετά από υπολογισμούς θα βρεθούν οι σταθερές συνεκτικότητας (k) καθώς και οι συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς (n) μέσω των εξισώσεων που δημιουργήθηκαν από το διάγραμμα $\tau = f(D)$.

Διάγραμμα 9.3.33: Διάγραμμα διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης για $T = 20^{\circ}\text{C}$



Με τη χρήση του excel προκύπτει ότι τόσο η πολυωνυμική εξίσωση δευτέρου βαθμού όσο και οι γραμμές τάσης δύναμης παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και με πολύ καλή ακρίβεια. Καλύτερη προσαρμογή όμως παρουσιάζουν οι γραμμές τάσης-δύναμης για τα συγκεκριμένα δεδομένα. Έτσι η εξάρτηση της διατμητικής τάσης από το ρυθμό διάτμησης για τη θερμοκρασία $T = 20^{\circ}\text{C}$ είναι:

Για τα δείγματα από πλήρες γάλα: $y = 3,3999 * x^{0,3758}$

Για τα δείγματα από ημιαποβουτυρωμένο γάλα: $y = 1,1684 * x^{0,542}$

Για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα: $y = 0,1553 * x^{0,8789}$

Επομένως η σχέση διατμητικής τάσης - ρυθμού διάτμησης για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία δεν είναι γραμμική, δηλαδή τα εξεταζόμενα δείγματα συμπεριφέρονται ως μη νευτονικά ρευστά και περιγράφονται από το νόμο του Ostwald όπου ισχύει:

$$\tau = k * D^n$$

Στο παρακάτω πίνακα, δίνονται οι συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς (η) και οι σταθερές συνεκτικότητας (k):

Είδος γάλακτος	k	n
Πλήρες	3,3999	0,3758
Ημιαποβουτυρωμένο	1,1684	0,542
Αποβουτυρωμένο	0,1553	0,8789

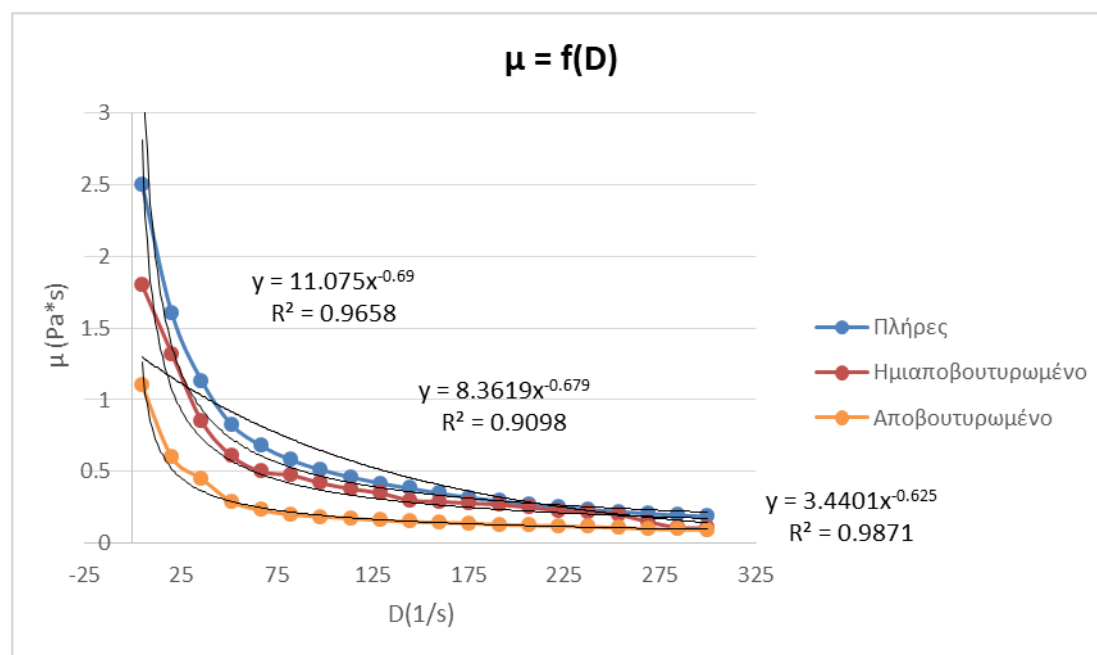
Η σχέση φαινόμενου ιξώδους (μ)-ρυθμού διάτμησης προκύπτει διαιρώντας τη παραπάνω σχέση με το ρυθμό διάτμησης. Τελικά προκύπτει:

$$\frac{\tau}{D} = \mu = k * D^{n-1}$$

Όπως και προηγουμένως, με βάση τις τιμές του φαινόμενου ιξώδους (μ) και του ρυθμού διάτμησης (D), απεικονίζεται και το παρακάτω διάγραμμα. Ανάλογα με τη τιμή του n τα ρευστά διακρίνονται σε ψευδοπλαστικά ($n < 1$) και πηγνυόμενα ($n > 1$).

Για να βρεθεί η τιμή του n σχεδιάζεται το διάγραμμα φαινόμενου ιξώδους-ρυθμού διάτμησης για τη θερμοκρασία $T=20^\circ\text{C}$. Όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα, χρησιμοποιούνται οι τιμές στις οποίες ο ρυθμός διάτμησης μεταβάλλεται.

Διάγραμμα 9.3.34: Διάγραμμα φαινόμενου ιξώδους - ρυθμού διάτμησης



Με βάση το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι η εξάρτηση του φαινόμενου ιξώδους από το ρυθμό διάτμησης είναι:

Για τα δείγματα από πλήρες γάλα: $y = 11,075 * x^{-0.69}$

Για τα δείγματα από ημιαποβουτυρωμένο γάλα: $y = 8,3619 * x^{-0.679}$

Για τα δείγματα από αποβουτυρωμένο γάλα: $y = 3,4401 * x^{-0.625}$

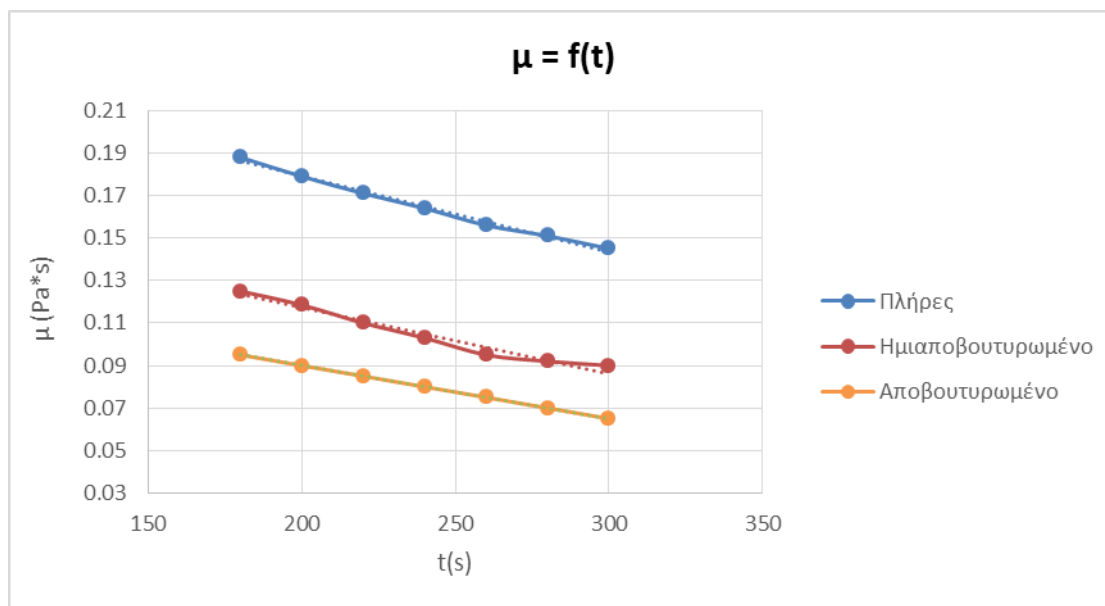
Συνεπώς, όπως αναφέραμε και παραπάνω, η εξάρτηση του φαινομένου ιξώδους από την διατμητική τάση είναι της μορφής:

$$\mu = k * D^{n-1}$$

με $n < 1$ οπότε τα δείγματα γιαουρτιού για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία συμπεριφέρονται και αυτά ως ψευδοπλαστικά ρευστά. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει και από τη θεωρία ότι δηλαδή αύξηση του ρυθμού διάτμησης συνεπάγεται αύξηση της διατμητικής τάσης και μείωση του φαινομένου ιξώδους.

Τέλος, μπορεί να δοθεί και το διάγραμμα που απεικονίζει τη μεταβολή του φαινομένου ιξώδους συναρτήσει του χρόνου για σταθερό ρυθμό διάτμησης, προκειμένου να μελετηθεί αν τα δείγματα του γιαουρτιού, συμπεριφέρονται ως θιξοτροπικά ή ρεοπηκτικά ρευστά. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, ο ρυθμός διάτμησης παραμένει σταθερός από $t=180 - 300s$. Άρα για το διάγραμμα θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές του φαινομένου ιξώδους σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Διάγραμμα 9.3.35: Διάγραμμα φαινομένου ιξώδους - χρόνου



Από το διάγραμμα αυτό, παρατηρείται ότι τα δείγματα που μελετήθηκαν μπορούν να θεωρηθούν ως θιξοτροπικά, καθώς το φαινόμενο ιξώδες, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στα διαγράμματα παρατηρείται ότι κατά την ήπια θερμική κατεργασία (83°C για 20 min) ο χρόνος ζύμωσης για τα δείγματα χωρίς προσθήκη ήταν μεγαλύτερος από αυτόν για τα δείγματα με προσθήκη σταθεροποιητών, ενώ κατά την έντονη (92.3°C για 5-10 min) το αντίστροφο. Παρατηρήθηκε επίσης ότι ο χρόνος ζύμωσης των δειγμάτων με προσθήκη ξανθάνης ήταν μικρότερος από αυτόν με προσθήκη κ-καραγεννάνης και για τις δύο θερμικές κατεργασίες.

Όσον αφορά το ρυθμό μεταβολής του pH, για την ήπια θερμική κατεργασία παρουσιάστηκαν μεγαλύτερες τιμές για τα τυφλά δείγματα από αυτά που έγινε προσθήκη σταθεροποιητών, ενώ για την έντονη τα δείγματα με ξανθάνη εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές και αυτά με καραγεννάνη την ίδια με τα τυφλά. Έτσι, παρατηρήθηκε ότι και για τις δύο θερμικές κατεργασίες ο ρυθμός μεταβολής του pH ήταν μεγαλύτερος για τα δείγματα με προσθήκη ξανθάνης σε σχέση με αυτά της καραγεννάνης. Η λανθάνουσα φάση του pH κατά την ήπια θερμική κατεργασία ήταν μεγαλύτερη για τα δείγματα με προσθήκη σταθεροποιητών σε σχέση με τα τυφλά, ενώ για την έντονη μόνο αυτά με προσθήκη ξανθάνης εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές, ενώ αυτά με προσθήκη καραγεννάνης την ίδια. Οπότε και σε αυτή τη περίπτωση η λανθάνουσα φάση του pH, ήταν μεγαλύτερη για τα δείγματα με προσθήκη ξανθάνης και για τις δύο περιπτώσεις.

Ο ρυθμός μεταβολής του ιζώδους έδειξε να είναι μεγαλύτερος μόνο κατά την έντονη θερμική επεξεργασία για τα δείγματα με προσθήκη σταθεροποιητών και οι τιμές των δειγμάτων με προσθήκη ξανθάνης ήταν μεγαλύτερες από αυτήν των δειγμάτων με καραγεννάνη κατά την ήπια, ενώ κατά την έντονη έδειξαν να είναι ίσες. Από την άλλη, η λανθάνουσα φάση του ιζώδους ήταν μεγαλύτερη για τα δείγματα με προσθήκη σταθεροποιητών σε σχέση με τα τυφλά δείγματα και για τις δύο θερμικές επεξεργασίες, ενώ οι τιμές των δειγμάτων με προσθήκη ξανθάνης ήταν μεγαλύτερες από αυτές των δειγμάτων με προσθήκη καραγεννάνης.

Όσον αφορά το ιζώδες κατά την επώαση (45°C), και για τις δύο θερμικές κατεργασίες τα δείγματα με προσθήκη σταθεροποιητών εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές, καθώς το ιζώδες για τα δείγματα με ξανθάνη, ήταν μεγαλύτερο από αυτό των δειγμάτων με καραγεννάνη. Αντίθετα, ενώ ξανά και για τις δύο θερμικές κατεργασίες τα δείγματα με προσθήκη σταθεροποιητών εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα δείγματα χωρίς καμία προσθήκη, οι τιμές του ιζώδους μετά από την ψύξη (4°C) έδειξαν να είναι μεγαλύτερες για τα δείγματα που πραγματοποιήθηκε προσθήκη καραγεννάνης σε σχέση με τα δείγματα αυτά με προσθήκη ξανθάνης.

Με βάση τις τιμές που υπολογίστηκαν για την ανάλυση αντικειμενικής υφής, οι τιμές της σκληρότητας ήταν μεγαλύτερη για τα δείγματα με προσθήκη ξανθάνης και μικρότερη για τα δείγματα με προσθήκη καραγεννάνης σε σχέση με τα τυφλά δείγματα και για τις δύο θερμικές κατεργασίες, συνεπώς η σκληρότητα των δειγμάτων με ξανθάνη ήταν μεγαλύτερη από αυτή των δειγμάτων με καραγεννάνη. Η συνεκτικότητα από την άλλη, κατά την ήπια θερμική κατεργασία έδειξε να είναι

μεγαλύτερη για τα δείγματα με προσθήκη σταθεροποιητών, ενώ για την έντονη ελάχιστα μικρότερη, παρατηρώντας πως οι τιμές των δειγμάτων με προσθήκη ξανθάνης ήταν μεγαλύτερες από αυτές των δειγμάτων με προσθήκη καραγεννάνης. Τέλος, η προσκολλησιμότητα των δειγμάτων με προσθήκη καραγεννάνης ήταν μικρότερη και για τις δύο κατεργασίες σε σχέση με τα τυφλά δείγματα, ενώ τα δείγματα με προσθήκη ξανθάνης παρουσίασαν μικρότερη προσκολλησιμότητα κατά την ήπια και μεγαλύτερη κατά την έντονη. Έτσι, λοιπόν παρατηρείται ότι κατά την ήπια θερμική κατεργασία η προσκολλησιμότητα ήταν ελάχιστα μεγαλύτερη για τα δείγματα με προσθήκη καραγεννάνης, ενώ κατά την έντονη τα δείγματα με προσθήκη ξανθάνης ήταν αυτά που παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές προσκολλησιμότητας σε σχέση με αυτά που πραγματοποιήθηκε προσθήκη καραγεννάνης.

Στατιστική επεξεργασία

Αρχικά, θα αναφερθούν τα αποτελέσματα των δειγμάτων γιαουρτιού που πραγματοποιήθηκε προσθήκη ξανθάνης και έπειτα τα αποτελέσματα αυτών με προσθήκη κ- καραγεννάνης. Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι η ζύμωση λαμβάνει χώρα ελάχιστα γρηγορότερα για τα δείγματα με έντονη θερμική κατεργασία. Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA έδειξε ότι ο χρόνος ζύμωσης επηρεάζεται σημαντικά ($p < 0.05$) από το είδος του γάλακτος. Ο ρυθμός μεταβολής του pH είναι ελάχιστα μεγαλύτερος για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα στους 92.3°C , καθώς η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι επηρεάζεται από το είδος του γάλακτος, ενώ η λανθάνουσα φάση δεν επηρεάζεται σημαντικά ούτε από το είδος του γάλακτος, ούτε από τη θερμική κατεργασία. Όσον αφορά το ρυθμό μεταβολής του ιξώδους παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές στα δείγματα γιαουρτιού στους 83°C , ενώ η λανθάνουσα φάση σε αυτά στους 92.3°C . Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι ο ρυθμός μεταβολής δεν επηρεάζεται σημαντικά από τους δύο παράγοντες, ενώ η λανθάνουσα φάση του ιξώδους επηρεάζεται σημαντικά ($p < 0.05$) από τη θερμική κατεργασία. Το ιξώδες κατά την επώαση φαίνεται από τα διαγράμματα ότι είναι ελάχιστα μεγαλύτερο για τα δείγματα γιαουρτιού που υπέστη ήπια θερμική κατεργασία, ενώ το ιξώδες μετά την ψύξη είναι μεγαλύτερο για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα στους 92.3°C . Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι το ιξώδες κατά την επώαση επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμική κατεργασία, ενώ το ιξώδες μετά την ψύξη επηρεάζεται από το είδος του γάλακτος. Όσον αφορά την ανάλυση της υφής, από την ανάλυση διακύμανσης της ANOVA, φαίνεται πως η σκληρότητα, όπως και η προσκολλησιμότητα επηρεάζεται σημαντικά ($p < 0.05$) από το είδος του γάλακτος, ενώ η συνεκτικότητα δεν επηρεάζεται σημαντικά ούτε από το είδος του γάλακτος, ούτε από τη θερμική κατεργασία.

Στη συνέχεια, για τα δείγματα γιαουρτιού που έγινε προσθήκη κ- καραγεννάνης, η ανάλυση διακύμανσης ANOVA έδειξε ότι ο χρόνος ζύμωσης, όπως και ο ρυθμός μεταβολής του pH, επηρεάζονται σημαντικά από το είδος του γάλακτος, ενώ η λανθάνουσα φάση του pH από τη θερμική κατεργασία. Ακόμα ο ρυθμός μεταβολής

του ιξώδους, φαίνεται να μην επηρεάζεται σημαντικά ούτε από το είδος του γάλακτος, ούτε από τη θερμική κατεργασία, ενώ η λανθάνουσα φάση του ιξώδους επηρεάζεται σημαντικά ($p < 0.05$) και από το είδος του γάλακτος και από τη θερμική κατεργασία. Όσον αφορά το ιξώδες κατά την επώαση φαίνεται από τα διαγράμματα μικρή διαφορά για την κάθε κατεργασία η οποία δικαιολογείται και από την στατιστική επεξεργασία, όπου το ιξώδες στους 45°C φαίνεται πως δεν επηρεάζεται σημαντικά από τους δύο παράγοντες, ενώ για το ιξώδες μετά την ψύξη, για τα δείγματα στους 92.3°C εμφανίζονται μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτά στους 83°C . Ακόμα, η σκληρότητα έδειξε ότι επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος, η συνεκτικότητα δεν επηρεάζεται σημαντικά από τους δύο παράγοντες, ενώ αντιθέτως η προσκολλησιμότητα επηρεάζεται σημαντικά ($p < 0.05$) και από το είδος του γάλακτος και από τη θερμική κατεργασία.

Τέλος, όσον αφορά τα ρεολογικά χαρακτηριστικά για τα δείγματα με προσθήκες σταθεροποιητών, η σταθερά συνεκτικότητας έδειξε να επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του γάλακτος, όπως και το φαινόμενο ιξώδες, ενώ ο συντελεστής ρεολογικής συμπεριφοράς επηρεάζεται σημαντικά και από το είδος του γάλακτος αλλά και από τη θερμική κατεργασία.

Κεφάλαιο 10 : Συμπεράσματα και Προτάσεις

Για κάθε μεταβολή που πραγματοποιήθηκε είτε για το είδος του γάλακτος, είτε για τη θερμική κατεργασία, παρατηρήθηκε ότι μεταβάλλονται τα ποιοτικά και τα ρεολογικά χαρακτηριστικά, καθώς και η ζύμωση των δειγμάτων συνεκτικού και αναμεμιγμένου τύπου γιαουρτιού.

Με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων παραγωγής γιαουρτιών, παρατηρείται ότι το πλήρες γάλα είναι αυτό που έχει το μικρότερο χρόνο ζύμωσης, δηλαδή ζυμώνεται το δείγμα πιο γρήγορα από τα υπόλοιπα (ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο). Επίσης, επισημαίνεται ότι ο μικρότερος χρόνος ζύμωσης για τους 83°C , είναι για το γιαούρτι από πλήρες γάλα, στο οποίο έχει προστεθεί σκόνη ορού γάλακτος (135 min), ενώ ο μεγαλύτερος για το γιαούρτι από αποβουτυρωμένο γάλα με σκόνη ορού γάλακτος (205 min).

Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι για όλα τα δείγματα γιαουρτιού που είχαν υποστεί θερμική κατεργασία στους 92.3°C για 5 - 10 min, στο τέλος του χρόνου ζύμωσης, προέκυψαν χαμηλότερες τιμές (min). Όπως έχουμε αναφέρει και στο θεωρητικό μέρος, κατά την θερμική κατεργασία του γάλακτος προκαλείται μετουσίωση των πρωτεϊνών, συνεπώς η μείωση του χρόνου ζύμωσης οφείλεται στην έντονη θερμική κατεργασία που έχουν υποστεί τα δείγματα γιαουρτιού.

Γενικά, με την προσθήκη στερεών ενίσχυσης (σκόνη ορού γάλακτος σε ποσοστό 1.5% κ.β.), παρατηρήθηκε πως το γιαούρτι από πλήρες γάλα παρουσίασε μικρότερο χρόνο ζύμωσης από τις άλλες προσθήκες, γεγονός που οφείλεται στο μεγάλο ποσοστό πρωτεϊνών ορού που περιέχει η σκόνη του ορού γάλακτος. Τέλος, επισημαίνεται ότι ο μικρότερος χρόνος ζύμωσης από τη σειρά πειραμάτων για τους 92.3°C, είναι για το γιαούρτι από πλήρες γάλα χωρίς καμία προσθήκη (135 min) και για το γιαούρτι στο οποίο έχει προστεθεί σκόνη ορού γάλακτος (140 min), ενώ ο μεγαλύτερος είναι για το γιαούρτι από αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος (200 min).

Έτσι λοιπόν, παρατηρείται πως σε όλες τις περιπτώσεις, το πλήρες γάλα ζυμώνεται πιο γρήγορα σε σχέση με το ημιαποβουτυρωμένο και το αποβουτυρωμένο. Η έντονη θερμική επεξεργασία του γάλακτος οδήγησε σε μικρότερους χρόνους ζύμωσης για όλα τα γιαούρτια. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι σε μικρότερους χρόνους ζύμωσης οδηγούνται τα δείγματα που έχουν υποστεί προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος 1.5% κ.β., τόσο στην περίπτωση της ήπιας όσο και στην περίπτωση της έντονης θερμικής κατεργασίας. Το γεγονός αυτό, πιθανόν να οφείλεται στο μεγάλο ποσοστό πρωτεϊνών ορού που περιέχει η σκόνη ορού γάλακτος, που είναι ήδη μετουσιωμένες κατά την παρασκευή της σκόνης ορού.

Ακόμα, επισημαίνεται ότι η μεγαλύτερη κατά απόλυτη τιμή για το ρυθμό μείωσης του pH (μ_{pH}) στους 83°C, παρουσιάστηκε για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα, στο οποίο έχει προστεθεί σκόνη ορού γάλακτος (-0.017), ενώ η μεγαλύτερη για το γιαούρτι από αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη κ-καραγεννάνης (-0.011). Όσον αφορά την έντονη θερμική επεξεργασία στους 92.3°C, τη μεγαλύτερη τιμή του ρυθμού μείωσης του pH, την παρουσιάζουν τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με προσθήκη ξανθάνης (-0.015), ενώ τη μικρότερη αυτά από αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού, αλλά και καραγεννάνης (-0.011).

Με βάση τα όσα υπολογίστηκαν για την λανθάνουσα φάση του pH (λ_{pH}) στους 83°C, η μεγαλύτερη τιμή της παρουσιάστηκε για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με προσθήκη ξανθάνης (240), ενώ η χαμηλότερη τιμή της παρουσιάστηκε από τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα χωρίς καμία προσθήκη (190). Επιπλέον, στους 92.3°C η μεγαλύτερη τιμή φαίνεται να είναι αυτή των δειγμάτων γιαουρτιού από αποβουτυρωμένο γάλα με τη προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος (250), ενώ οι χαμηλότερες τιμές ήταν αυτές για τα δείγματα από πλήρες γάλα με σκόνη ορού και από αποβουτυρωμένο γάλα με ξανθάνη (210).

Στη συνέχεια, με βάση τις τιμές του ρυθμού μεταβολής (μ_{cP}) και της διάρκειας λανθάνουσας φάσης του ιξώδους (λ_{cP}), ο ρυθμός αύξησης του ιξώδους δεν φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του χρησιμοποιούμενου γάλακτος, τη θερμική κατεργασία και την προσθήκη των κόμμεων ή των στερεών στα δείγματα γιαουρτιού.

Η μεγαλύτερη τιμή για τον ρυθμό αύξησης του ιξώδους στους 83°C παρουσιάστηκε για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με την προσθήκη ξανθάνης (80), ενώ η

μικρότερη τιμή ήταν αυτή για τα δείγματα που παρασκευάστηκαν από αποβουτυρωμένο γάλα με σκόνη ορού γάλακτος και με τη προσθήκη καραγεννάνης (40 και 45 αντίστοιχα). Για τα δείγματα εκείνα που δέχτηκαν έντονη θερμική επεξεργασία στους 92.3°C, τη μεγαλύτερη τιμή για τον ρυθμό αύξησης του ιξώδους την εμφάνισαν τα δείγματα εκείνα που παρασκευάστηκαν από πλήρες γάλα, χωρίς καμία προσθήκη (110), ενώ τις χαμηλότερες τιμές τις είχαν τα δείγματα γιαουρτιού από αποβουτυρωμένο γάλα με σκόνη ορού και με καραγεννάνη (30 και 38 αντίστοιχα).

Επίσης, όσον αφορά τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους, τη μεγαλύτερη τιμή για την ήπια θερμική επεξεργασία την παρουσίασαν τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με προσθήκη ξανθάνης (130), ενώ τη χαμηλότερη την παρουσίασαν τα δείγματα από πλήρες γάλα χωρίς καμία προσθήκη (70). Γενικά, τα δείγματα χωρίς καμία προσθήκη έδειξαν τις χαμηλότερες τιμές σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα δείγματα με οποιαδήποτε προσθήκη. Για την έντονη θερμική επεξεργασία, τη μεγαλύτερη τιμή της λανθάνουσας φάσης του ιξώδους την παρουσίασαν τα δείγματα εκείνα που παρασκευάστηκαν από αποβουτυρωμένο γάλα με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος (170), ενώ τη χαμηλότερη τιμή αυτά από πλήρες γάλα χωρίς καμία προσθήκη και με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος (120 και 125 αντίστοιχα).

Τέλος, όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού, από τα διαγράμματα του ιξώδους στους 45°C, φαίνεται ότι τα γιαούρτια που παρασκευάστηκαν από πλήρες γάλα εμφάνισαν μεγαλύτερο ιξώδες στο τέλος της ζύμωσης, σε σύγκριση με εκείνα από ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα. Η υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά λοιπόν συνεισφέρει στο σχηματισμό σταθερότερου πήγματος, γεγονός που παρατηρείται και στην ανάλυση διακύμανσης ANOVA, δείχνοντας ότι το είδος του γάλακτος επηρεάζει σημαντικά το ιξώδες του γιαουρτιού στο τέλος της ζύμωσης. Ομοίως, παρατηρείται πως και για το ιξώδες των δειγμάτων γιαουρτιού μετά από την ψύξη (στους 4°C) που παρασκευάστηκε από πλήρες γάλα, εμφανίζει πολύ μεγάλη διαφορά σχετικά με το ιξώδες των δειγμάτων από ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα.

Με βάση τις τιμές της σκληρότητας (N), από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι τα δείγματα γιαουρτιών από πλήρες γάλα εμφάνισαν μεγαλύτερη σκληρότητα σε σχέση με εκείνα από ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα. Για την ακρίβεια κατά την ήπια θερμική κατεργασία, τα γιαούρτια από πλήρες γάλα με προσθήκη ξανθάνης είχαν τη μεγαλύτερη τιμή (0.85), ενώ κατά την έντονη τα γιαούρτια από πλήρες γάλα με προσθήκη σκόνης ορού (0.8).

Όσον αφορά τις τιμές της συνεκτικότητας και της προσκολλησιμότητας, κατά την ήπια θερμική κατεργασία, τα δείγματα με προσθήκη ξανθάνης είχαν την μεγαλύτερη τιμή (0.7) για τη συνεκτικότητα και τα τυφλά δείγματα (55) για τη προσκολλησιμότητα, ενώ για την έντονη θερμική κατεργασία τη μεγαλύτερη τιμή την εμφάνισαν τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες γάλα με σκόνη ορού για τη

συνεκτικότητα (0.65) και τα δείγματα από πλήρες γάλα με ξανθάνη για την προσκολλησιμότητα (55).

Συμπερασματικά, το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του γιαουρτιού παίζει σημαντικό ρόλο τόσο στις παραμέτρους της ζύμωσης όσο και στα αντικειμενικά χαρακτηριστικά που αποκτά το συνεκτικό γιαούρτι και κατά συνέπεια το αναμεμιγμένο. Η χρήση του αποβουτυρωμένου γάλακτος στην παραγωγή γιαουρτιού αυξάνει το χρόνο ζύμωσης συνεπώς αυξάνει την διάρκεια της λανθάνουσας φάσης του pH και μειώνει το ρυθμό μεταβολής του pH. Τόσο το συνεκτικό, όσο και το αντίστοιχο αναμεμιγμένο γιαούρτι που παράγεται από τη χρήση αποβουτυρωμένου γάλακτος έχουν χαμηλή τιμή ιξώδους και πιο ασταθή πηγμάτα.

Η χρήση των κόμμεων ξανθάνης και καραγεννάνης παρατηρήθηκε ότι βελτιώνει την αντικειμενική υφή των δειγμάτων του γιαουρτιού. Αρχικά, η προσθήκη των κόμμεων αυτών βελτιώνει το πήγμα των αναμεμιγμένων γιαουρτιών και συγκεκριμένα, το κόμμι της καραγεννάνης οδηγεί σε πιο μεγάλες τιμές ιξώδους μετά την αποθήκευση (ψύξη στους 4°C) σε σχέση με τις αντίστοιχες που δίνει το κόμμι της ξανθάνης, ενώ κατά την επώαση (45°C), το κόμμι της ξανθάνης οδηγεί σε μεγαλύτερες τιμές ιξώδους, από ότι αυτές της κ- καραγεννάνης.

Η προσθήκη της σκόνης ορού γάλακτος για ενίσχυση των στερεών έδειξε πως ενισχύει και αυτή την αντικειμενική υφή των γιαουρτιών. Αρχικά, η παρασκευή των γιαουρτιών από πλήρες γάλα επεξεργασμένο και στις δύο θερμικές κατεργασίες με προσθήκη σκόνης ορού, οδηγεί σε δημιουργία ισχυρών πηγμάτων τόσο στα συνεκτικά όσο και στα αντίστοιχα αναμεμιγμένα γιαούρτια και επιπλέον, η προσθήκη αυτή βελτιώνει την ικανότητα συγκράτησης νερού στο πήγμα καθιστώντας το πιο συνεκτικό όπως επίσης βελτιώνει και την υφή που έχει το γιαούρτι. Παρατηρήθηκε πως τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σκόνης ορού είχαν αρκετά μεγάλες τιμές ιξώδους στο τέλος της ψύξης, μεγαλύτερες από αυτές των δειγμάτων με προσθήκη ξανθάνης, ενώ για τις τιμές του ιξώδους κατά την επώαση, ισχύει το αντίστροφο.

Παρόλα αυτά θα ήταν ωφέλιμο να μελετηθεί η παραγωγή διαφόρων τύπων γιαουρτιού με άλλα κόμμεα (όπως κόμμι γκουάρ ή αλγινικό νάτριο) σε διάφορες περιεκτικότητες ή ακόμη και με ταυτόχρονη προσθήκη δύο ή περισσότερων υδροκολλοειδών ώστε να μελετηθεί η συνεργιστική δράση αυτών. Ακόμα, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή των μοντέλων μεταβολής του pH και του ιξώδους σε βιομηχανικές συνθήκες παραγωγής γιαουρτιών διαφορετικής σύστασης και συνθηκών παραγωγής. Μπορεί επίσης να μελετηθεί η εφαρμογή των υπερήχων στην παραγωγική διαδικασία του γιαουρτιού σε έντονες συνθήκες, ώστε να προσδιοριστεί η επίδραση αυτών στο τελικό πήγμα των δειγμάτων του γιαουρτιού. Τέλος, θα μπορούσε να μελετηθεί η προσθήκη συστατικών και γλυκαντικών για την παραγωγή επιδορπίων γιαουρτιού με βελτιωμένη υφή και αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Παράρτημα 1 : Στατιστική ανάλυση διακύμανσης ANOVA για τα δείγματα συνεκτικού (set) τύπου γιαουρτιού

Δείγματα γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη :

Πίνακας 1.1: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον χρόνο επώασης για τα δείγματα γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	169344.0	1	169344.0	4365.474	0.000229
Είδος γάλακτος	2154.3	2	1077.1	27.767	0.034762
Θερμική κατεργασία	130.7	1	130.7	3.368	0.207882
Error	77.6	2	38.8		

Πίνακας 1.2: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το χρόνο επώασης

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	143.75	170.25	190.00
1		0.051299	0.016242
2	0.051299		0.086977
3	0.016242	0.086977	

Πίνακας 1.3: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον ρυθμό μεταβολής pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	0.000988	1	0.000988	1976.333	0.000506
Είδος γάλακτος	0.000004	2	0.000002	4.333	0.187500
Θερμική κατεργασία	0.000002	1	0.000002	3.000	0.225403
Error	0.000001	2	0.000001		

Πίνακας 1.4: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το ρυθμό μεταβολής pH

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	-0.0140	-0.0125	-0.0120
1		0.168197	0.097700
2	0.168197		0.553027
3	0.097700	0.553027	

Πίνακας 1.5: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για την λανθάνουσα φάση pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	273066.7	1	273066.7	16384.00	0.000061
Είδος γάλακτος	233.3	2	116.7	7.00	0.125000
Θερμική κατεργασία	816.7	1	816.7	49.00	0.019804
Error	33.3	2	16.7		

Πίνακας 1.6: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη λανθάνουσα φάση pH

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	205.00	215.00	220.00
1		0.134223	0.061510
2	0.134223		0.345597
3	0.061510	0.345597	

Πίνακας 1.7: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	36037.50	1	36037.50	320.3333	0.003107
Είδος γάλακτος	25.00	2	12.50	0.1111	0.900000
Θερμική κατεργασία	3037.50	1	3037.50	27.0000	0.035099
Error	225.00	2	112.50		

Πίνακας 1.8: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	80.000	77.500	75.000
1		0.835797	0.669910
2	0.835797		0.835797
3	0.669910	0.835797	

Πίνακας 1.9: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για την λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	66150.00	1	66150.00	1323.000	0.000755
Είδος γάλακτος	400.00	2	200.00	4.000	0.200000
Θερμική κατεργασία	5400.00	1	5400.00	108.000	0.009133
Error	100.00	2	50.00		

Πίνακας 1.10: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή την λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	95.000	105.00	115.00
1		0.293150	0.097700
2	0.293150		0.293150
3	0.097700	0.293150	

Πίνακας 1.11: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του τελικού ιξώδους στους 45°C

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	37750417	1	37750417	90601.00	0.000011
Είδος γάλακτος	330833	2	165417	397.00	0.002513
Θερμική κατεργασία	220417	1	220417	529.00	0.001885
Error	833	2	417		

Πίνακας 1.12: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του ιξώδους στους 45°C

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	2800.0	2500.0	2225.0
1		0.004873	0.001277
2	0.004873		0.005747
3	0.001277	0.005747	

Πίνακας 1.13: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του ιξώδους στους 4°C (ψύξη)

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	564540000	1	564540000	112908.0	0.000009
Είδος γάλακτος	39690000	2	19845000	3969.0	0.000252
Θερμική κατεργασία	240000	1	240000	48.0	0.020204
Error	10000	2	5000		

Πίνακας 1.14: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του ιξώδους στους 4°C

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	12850.	9700.0	6550.0
1		0.000842	0.000300

2	0.000842	0.000842
3	0.000300	0.000842

Πίνακας 1.15: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη σκληρότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.432067	1	2.432067	7680.211	0.000130
Είδος γάλακτος	0.075633	2	0.037817	119.421	0.008304
Θερμική κατεργασία	0.001067	1	0.001067	3.368	0.207882
Error	0.000633	2	0.000317		

Πίνακας 1.16: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη σκληρότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.77500	.63500	.50000
1		0.016056	0.003903
2	0.016056		0.017208
3	0.003903	0.017208	

Πίνακας 1.17: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη συνεκτικότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	1.804017	1	1.804017	5696.895	0.000175
Είδος γάλακτος	0.000033	2	0.000017	0.053	0.950000
Θερμική κατεργασία	0.008817	1	0.008817	27.842	0.034091
Error	0.000633	2	0.000317		

Πίνακας 1.18: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη συνεκτικότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.55000	.55000	.54500
1		1.000000	0.796015
2	1.000000		0.805336
3	0.796015	0.805336	

Πίνακας 1.19: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη προσκολλησιμότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	8986.140	1	8986.140	2136.166	0.000468
Είδος γάλακτος	778.680	2	389.340	92.553	0.010689

Θερμική κατεργασία	6.407	1	6.407	1.523	0.342506
Error	8.413	2	4.207		

Πίνακας 1.20: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη προσκολλησιμότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	52.500	39.000	24.600
1		0.022557	0.004997
2	0.022557		0.019947
3	0.004997	0.019947	

Δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος 1.5% κ.β.

Πίνακας 1.21: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον χρόνο επώασης για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	172551.0	1	172551.0	12742.23	0.000078
Είδος γάλακτος	4077.1	2	2038.5	150.54	0.006599
Θερμική κατεργασία	1.0	1	1.0	0.08	0.807550
Error	27.1	2	13.5		

Πίνακας 1.22: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τον χρόνο επώασης

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	138.75	167.50	202.50
1		0.016271	0.003142
2	0.016271		0.011183
3	0.003142	0.011183	

Πίνακας 1.23: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον ρυθμό μεταβολής pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	0.001040	1	0.001040	1560.250	0.000640
Είδος γάλακτος	0.000017	2	0.000009	13.000	0.071429
Θερμική κατεργασία	0.000004	1	0.000004	6.250	0.129612
Error	0.000001	2	0.000001		

Πίνακας 1.24: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τον ρυθμό μεταβολής pH

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
1	-0.0155	-0.0125	-0.0115
2	0.067025	0.067025	0.036071
3	0.036071	0.345597	0.345597

Πίνακας 1.25: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη λανθάνουσα φάση του pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	294816.7	1	294816.7	17689.00	0.000057
Είδος γάλακτος	1233.3	2	616.7	37.00	0.026316
Θερμική κατεργασία	266.7	1	266.7	16.00	0.057191
Error	33.3	2	16.7		

Πίνακας 1.26: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη λανθάνουσα φάση του pH

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
1	205.00	220.00	240.00
2	0.067025	0.067025	0.012289
3	0.012289	0.039471	0.039471

Πίνακας 1.27: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για το ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	13066.67	1	13066.67	784.0000	0.001273
Είδος γάλακτος	633.33	2	316.67	19.0000	0.050000
Θερμική κατεργασία	66.67	1	66.67	4.0000	0.183503
Error	33.33	2	16.67		

Πίνακας 1.28: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
1	60.000	45.000	35.000
2	0.067025	0.067025	0.023575
3	0.023575	0.134223	0.134223

Πίνακας 1.29: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	102704.2	1	102704.2	270.8681	0.003672
Είδος γάλακτος	308.3	2	154.2	0.4066	0.710938
Θερμική κατεργασία	1504.2	1	1504.2	3.9670	0.184632
Error	758.3	2	379.2		

Πίνακας 1.30: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	122.50	130.00	140.00
1		0.737432	0.445483
2	0.737432		0.658887
3	0.445483	0.658887	

Πίνακας 1.31: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του τελικού ιξώδους (45°C)

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	59850417	1	59850417	5745.640	0.000174
Είδος γάλακτος	460833	2	230417	22.120	0.043253
Θερμική κατεργασία	400417	1	400417	38.440	0.025042
Error	20833	2	10417		

Πίνακας 1.32: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του τελικού ιξώδους (45°C)

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	3475.0	3200.0	2800.0
1		0.114816	0.020322
2	0.114816		0.059628
3	0.020322	0.059628	

Πίνακας 1.33: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του ιξώδους στους 4°C (ψύξη)

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	768401667	1	768401667	833.7089	0.001197
Είδος γάλακτος	80243333	2	40121667	43.5316	0.022456
Θερμική κατεργασία	281667	1	281667	0.3056	0.635927
Error	1843333	2	921667		

Πίνακας 1.34: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του ιξώδους στους 4°C (ψύξη)

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		16200.	10350.	7400.0
1			0.026140	0.010791
2		0.026140		0.091862
3		0.010791	0.091862	

Πίνακας 1.35: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη σκληρότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.368817	1	2.368817	352.6774	0.002823
Είδος γάλακτος	0.081433	2	0.040717	6.0620	0.141602
Θερμική κατεργασία	0.004817	1	0.004817	0.7171	0.486262
Error	0.013433	2	0.006717		

Πίνακας 1.36: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη σκληρότητα

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		.77500	.62000	.49000
1			0.199370	0.067950
2		0.199370		0.253820
3		0.067950	0.253820	

Πίνακας 1.37: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη συνεκτικότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.208267	1	2.208267	2548.000	0.000392
Είδος γάλακτος	0.008133	2	0.004067	4.692	0.175676
Θερμική κατεργασία	0.001667	1	0.001667	1.923	0.299860
Error	0.001733	2	0.000867		

Πίνακας 1.38: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη συνεκτικότητα

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		.65000	.61000	.56000
1			0.307462	0.085393
2		0.307462		0.231769
3		0.085393	0.231769	

Πίνακας 1.39: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη προσκολλησιμότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
--------	----	------------------	----	---	---

Intercept	8437.500	1	8437.500	50625.00	0.000020
Είδος γάλακτος	625.000	2	312.500	1875.00	0.000533
Θερμική κατεργασία	160.167	1	160.167	961.00	0.001039
Error	0.333	2	0.167		

Πίνακας 1.40: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη προσκολλησιμότητα

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		50.000	37.500	25.000
1			0.001393	0.000403
2		0.001393		0.001393
3		0.000403	0.001393	

Δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη Ξανθάνης 0.02% κ.β.

Πίνακας 1.41: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον χρόνο επώασης για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη ξανθάνης

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	158356.3	1	158356.3	20242.61	0.000049
Είδος γάλακτος	1496.9	2	748.4	95.67	0.010344
Θερμική κατεργασία	17.5	1	17.5	2.24	0.273283
Error	15.6	2	7.8		

Πίνακας 1.42: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τον χρόνο επώασης

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		142.50	163.75	181.13
1			0.017160	0.004852
2		0.017160		0.025187
3		0.004852	0.025187	

Πίνακας 1.43: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον ρυθμό μεταβολής pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	0.001014	1	0.001014	6084.000	0.000164
Είδος γάλακτος	0.000007	2	0.000004	21.000	0.045455
Θερμική κατεργασία	0.000001	1	0.000001	4.000	0.183503
Error	0.000000	2	0.000000		

Πίνακας 1.44: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τον ρυθμό μεταβολής pH

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		-.0145	-.0125	-.0120

1		0.039471	0.023575
2	0.039471		0.345597
3	0.023575	0.345597	

Πίνακας 1.45: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη λανθάνουσα φάση του pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	310537.5	1	310537.5	3549.000	0.000282
Είδος γάλακτος	975.0	2	487.5	5.571	0.152174
Θερμική κατεργασία	37.5	1	37.5	0.429	0.579916
Error	175.0	2	87.5		

Πίνακας 1.46: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη λανθάνουσα φάση του pH

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	245.00	222.50	215.00
1		0.138201	0.078497
2	0.138201		0.507058
3	0.078497	0.507058	

Πίνακας 1.47: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για το ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	21004.17	1	21004.17	387.7692	0.002569
Είδος γάλακτος	408.33	2	204.17	3.7692	0.209677
Θερμική κατεργασία	104.17	1	104.17	1.9231	0.299860
Error	108.33	2	54.17		

Πίνακας 1.48: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	70.000	57.500	50.000
1		0.231769	0.104590
2	0.231769		0.415635
3	0.104590	0.415635	

Πίνακας 1.49: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	98816.67	1	98816.67	1976.333	0.000506
Είδος γάλακτος	433.33	2	216.67	4.333	0.187500

Θερμική κατεργασία	1350.00	1	1350.00	27.000	0.035099
Error	100.00	2	50.00		

Πίνακας 1.50: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		140.00	125.00	120.00
1			0.168197	0.097700
2		0.168197		0.553027
3		0.097700	0.553027	

Πίνακας 1.51: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του τελικού ιξώδους (45°C)

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	71415000	1	71415000	14283.00	0.000070
Είδος γάλακτος	160000	2	80000	16.00	0.058824
Θερμική κατεργασία	240000	1	240000	48.00	0.020204
Error	10000	2	5000		

Πίνακας 1.52: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του τελικού ιξώδους (45°C)

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		3650.0	3450.0	3250.0
1			0.105837	0.027450
2		0.105837		0.105837
3		0.027450	0.105837	

Πίνακας 1.53: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του ιξώδους στους 4°C (ψύξη)

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	724900417	1	724900417	728.2382	0.001370
Είδος γάλακτος	58060833	2	29030417	29.1641	0.033152
Θερμική κατεργασία	2470417	1	2470417	2.4818	0.255856
Error	1990833	2	995417		

Πίνακας 1.54: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του ιξώδους στους 4°C (ψύξη)

Είδος γάλακτος		{1}	{2}	{3}
		14950.	10675.	7350.0
1			0.050640	0.015460

2	0.050640		0.079713
3	0.015460	0.079713	

Πίνακας 1.55: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη σκληρότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.996267	1	2.996267	7191.040	0.000139
Είδος γάλακτος	0.106033	2	0.053017	127.240	0.007798
Θερμική κατεργασία	0.001667	1	0.001667	4.000	0.183503
Error	0.000833	2	0.000417		

Πίνακας 1.56: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη σκληρότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.87500	.69500	.55000
1		0.012926	0.003687
2	0.012926		0.019507
3	0.003687	0.019507	

Πίνακας 1.57: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη συνεκτικότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.306400	1	2.306400	1281.333	0.000780
Είδος γάλακτος	0.001600	2	0.000800	0.444	0.692308
Θερμική κατεργασία	0.005400	1	0.005400	3.000	0.225403
Error	0.003600	2	0.001800		

Πίνακας 1.58: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη συνεκτικότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.64000	.62000	.60000
1		0.683982	0.427106
2	0.683982		0.683982
3	0.427106	0.683982	

Πίνακας 1.59: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη προσκολλησιμότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	9584.007	1	9584.007	736.8534	0.001354
Είδος γάλακτος	620.013	2	310.007	23.8344	0.040267
Θερμική κατεργασία	0.007	1	0.007	0.0005	0.983993

Error	26.013	2	13.007
-------	--------	---	--------

Πίνακας 1.60: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη προσκολλησιμότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	52.400	40.000	27.500
1		0.075442	0.018700
2	0.075442		0.074375
3	0.018700	0.074375	

Δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη κ- Καραγεννάνης 0.02% κ.β.

Πίνακας 1.61: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον χρόνο επώασης για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη κ- Καραγεννάνης

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	170690.7	1	170690.7	8313.701	0.000120
Είδος γάλακτος	1695.6	2	847.8	41.294	0.023644
Θερμική κατεργασία	54.0	1	54.0	2.630	0.246311
Error	41.1	2	20.5		

Πίνακας 1.62: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τον χρόνο επώασης

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	147.50	169.88	188.63
1		0.038889	0.011000
2	0.038889		0.053983
3	0.011000	0.053983	

Πίνακας 1.63: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τον ρυθμό μεταβολής pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	0.000847	1	0.000847	26756.26	0.000037
Είδος γάλακτος	0.000003	2	0.000002	48.37	0.020256
Θερμική κατεργασία	0.000000	1	0.000000	2.58	0.249521
Error	0.000000	2	0.000000		

Πίνακας 1.64: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τον ρυθμό μεταβολής pH

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	-.0128	-.0119	-.0110
1		0.041399	0.009407

2	0.041399		0.037188
3	0.009407	0.037188	

Πίνακας 1.65: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη λανθάνουσα φάση του pH

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	294816.7	1	294816.7	17689.00	0.000057
Είδος γάλακτος	233.3	2	116.7	7.00	0.125000
Θερμική κατεργασία	416.7	1	416.7	25.00	0.037750
Error	33.3	2	16.7		

Πίνακας 1.66: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη λανθάνουσα φάση του pH

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	215.00	220.00	230.00
1		0.345597	0.061510
2	0.345597		0.134223
3	0.061510	0.134223	

Πίνακας 1.67: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για το ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	13301.04	1	13301.04	300.3057	0.003313
Είδος γάλακτος	198.58	2	99.29	2.2418	0.308474
Θερμική κατεργασία	1.04	1	1.04	0.0235	0.892192
Error	88.58	2	44.29		

Πίνακας 1.68: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το ρυθμό αύξησης του ιξώδους

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	55.000	44.750	41.500
1		0.263654	0.167634
2	0.263654		0.673820
3	0.167634	0.673820	

Πίνακας 1.69: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	100104.2	1	100104.2	24025.00	0.000042
Είδος γάλακτος	508.3	2	254.2	61.00	0.016129

Θερμική κατεργασία	2204.2	1	2204.2	529.00	0.001885
Error	8.3	2	4.2		

Πίνακας 1.70: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη λανθάνουσα φάση του ιξώδους

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	117.50	130.00	140.00
1		0.025896	0.007530
2	0.025896		0.039471
3	0.007530	0.039471	

Πίνακας 1.71: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του τελικού ιξώδους (45°C)

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	57660000	1	57660000	1820.842	0.000549
Είδος γάλακτος	90000	2	45000	1.421	0.413043
Θερμική κατεργασία	81667	1	81667	2.579	0.249521
Error	63333	2	31667		

Πίνακας 1.72: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του τελικού ιξώδους (45°C)

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	3250.0	3100.0	2950.0
1		0.488240	0.219463
2	0.488240		0.488240
3	0.219463	0.488240	

Πίνακας 1.73: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη τιμή του ιξώδους στους 4°C (ψύξη)

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	1.016602E+09	1	1.016602E+09	141.9504	0.006971
Είδος γάλακτος	1.480833E+08	2	7.404167E+07	10.3386	0.088194
Θερμική κατεργασία	4.004167E+07	1	4.004167E+07	5.5911	0.141784
Error	1.432333E+07	2	7.161667E+06		

Πίνακας 1.74: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη τιμή του ιξώδους στους 4°C (ψύξη)

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	19600.	11850.	7600.0
1		0.101678	0.042596
2	0.101678		0.253428
3	0.042596	0.253428	

Πίνακας 1.75: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη σκληρότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.172017	1	2.172017	4654.321	0.000215
Είδος γάλακτος	0.032933	2	0.016467	35.286	0.027559
Θερμική κατεργασία	0.002017	1	0.002017	4.321	0.173189
Error	0.000933	2	0.000467		

Πίνακας 1.76: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη σκληρότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.68500	.61500	.50500
1		0.083744	0.012991
2	0.083744		0.036718
3	0.012991	0.036718	

Πίνακας 1.77: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη συνεκτικότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.030017	1	2.030017	367.9789	0.002707
Είδος γάλακτος	0.003433	2	0.001717	0.3112	0.762673
Θερμική κατεργασία	0.000817	1	0.000817	0.1480	0.737479
Error	0.011033	2	0.005517		

Πίνακας 1.78: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη συνεκτικότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.61500	.57000	.56000
1		0.606450	0.518626
2	0.606450		0.905418
3	0.518626	0.905418	

Πίνακας 1.79: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τη προσκολλησιμότητα

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	7322.027	1	7322.027	1013.196	0.000986
Είδος γάλακτος	492.853	2	246.427	34.100	0.028490
Θερμική κατεργασία	288.427	1	288.427	39.911	0.024151
Error	14.453	2	7.227		

Πίνακας 1.80: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη προσκολλησιμότητα

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	46.000	35.000	23.800
1		0.055101	0.013219
2	0.055101		0.053314
3	0.013219	0.053314	

Παράρτημα 2: Στατιστική ανάλυση διακύμανσης ANOVA για τα δείγματα αναμεμιγμένου (stirred) τύπου γιαουρτιού

Δείγματα γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη :

Πίνακας 2.1: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τις σταθερές συνεκτικότητας (k), για τα δείγματα γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	12.98952	1	12.98952	4441.155	0.000225
Είδος γάλακτος	8.65723	2	4.32861	1479.965	0.000675
Θερμική κατεργασία	0.00195	1	0.00195	0.667	0.499872
Error	0.00585	2	0.00292		

Πίνακας 2.2: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη σταθερά συνεκτικότητας

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	3.0620	1.1925	.15960
1		0.001178	0.000466

2	0.001178		0.003021
3	0.000466	0.003021	

Πίνακας 2.3: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τους συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς (n), για τα δείγματα γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.142755	1	2.142755	4040.938	0.000247
Είδος γάλακτος	0.240807	2	0.120404	227.064	0.004385
Θερμική κατεργασία	0.001221	1	0.001221	2.303	0.268416
Error	0.001061	2	0.000530		

Πίνακας 2.4: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το συντελεστή ρεολογικής συμπεριφοράς

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.39575	.52635	.87070
1		0.029970	0.002264
2	0.029970		0.004720
3	0.002264	0.004720	

Πίνακας 2.5: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για το φαινόμενο ιξώδες (μ), για τα δείγματα γιαουρτιού χωρίς καμία προσθήκη

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	4.660491	1	4.660491	21.49790	0.043503
Είδος γάλακτος	0.617476	2	0.308738	1.42415	0.412516
Θερμική κατεργασία	0.170691	1	0.170691	0.78736	0.468516
Error	0.433576	2	0.216788		

Πίνακας 2.6: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το φαινόμενο ιξώδες

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	1.3350	.65750	.65150

1		0.283128	0.263904
2	0.283128		0.991040
3	0.263904	0.991040	

Δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος 1.5% κ.β.

Πίνακας 2.7: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τις σταθερές συνεκτικότητας, για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	573.0711	1	573.0711	26562.13	0.000038
Είδος γάλακτος	715.0450	2	357.5225	16571.34	0.000060
Θερμική κατεργασία	0.0191	1	0.0191	0.88	0.446561
Error	0.0431	2	0.0216		

Πίνακας 2.8: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη σταθερά συνεκτικότητας

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	25.176	2.9850	1.1586
1		0.000516	0.000245
2	0.000516		0.006675
3	0.000245	0.006675	

Πίνακας 2.9: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τους συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς, για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	0.848632	1	0.848632	4435.861	0.000225
Είδος γάλακτος	0.179273	2	0.089636	468.536	0.002130
Θερμική κατεργασία	0.000532	1	0.000532	2.781	0.237321
Error	0.000383	2	0.000191		

Πίνακας 2.10: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το συντελεστή ρεολογικής συμπεριφοράς

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.14835	.41300	.56690
1		0.003012	0.001121
2	0.003012		0.008252
3	0.001121	0.008252	

Πίνακας 2.11: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για το φαινόμενο ιξώδες (μ), για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	25.21500	1	25.21500	720.4286	0.001385
Είδος γάλακτος	3.01000	2	1.50500	43.0000	0.022727
Θερμική κατεργασία	0.13500	1	0.13500	3.8571	0.188497
Error	0.07000	2	0.03500		

Πίνακας 2.12: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το φαινόμενο ιξώδες

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	2.8000	2.2500	1.1000
1		0.099106	0.010975
2	0.099106		0.025710
3	0.010975	0.025710	

Δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών (0.02% κ.β.)

Πίνακας 2.13: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τις σταθερές συνεκτικότητας, για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	14.48825	1	14.48825	11029.55	0.000091
Είδος γάλακτος	10.69017	2	5.34509	4069.08	0.000246

Θερμική κατεργασία	0.00255	1	0.00255	1.94	0.298451
Error	0.00263	2	0.00131		

Πίνακας 2.14: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή τη σταθερά συνεκτικότητας

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	3.3499	1.1592	.15265
1		0.000645	0.000301
2	0.000645		0.001617
3	0.000301	0.001617	

Πίνακας 2.15: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για τους συντελεστές ρεολογικής συμπεριφοράς, για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.072935	1	2.072935	96542.83	0.000010
Είδος γάλακτος	0.256235	2	0.128117	5966.82	0.000168
Θερμική κατεργασία	0.000741	1	0.000741	34.53	0.027758
Error	0.000043	2	0.000021		

Πίνακας 2.16: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το συντελεστή ρεολογικής συμπεριφοράς

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	.36790	.53100	.86445
1		0.001152	0.000280
2	0.001152		0.000590
3	0.000280	0.000590	

Πίνακας 2.17: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης διακύμανσης ANOVA για το φαινόμενο ξώδες (μ), για τα δείγματα γιαουρτιού με προσθήκη σταθεροποιητών

Effect	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
--------	----	------------------	----	---	---

Intercept	18.37500	1	18.37500	1225.000	0.000815
Είδος γάλακτος	1.99000	2	0.99500	66.333	0.014851
Θερμική κατεργασία	0.01500	1	0.01500	1.000	0.422650
Error	0.03000	2	0.01500		

Πίνακας 2.18: Duncan Test - Ομογενείς ομάδες με μεταβλητή το φαινόμενο ιξώδες

Είδος γάλακτος	{1}	{2}	{3}
	2.5000	1.6500	1.1000
1		0.020391	0.007012
2	0.020391		0.046432
3	0.007012	0.046432	

Παράρτημα 3 : Πίνακες με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων αναμεμιγμένου γιαουρτιού

Πίνακας 1: Οι τιμές της διατμητικής τάσης (Pa) για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, χωρίς καμία προσθήκη

	Πλήρες	Ημιαποβουτυρωμένο	Αποβουτυρωμένο
t[s]	Tau [Pa]	Tau [Pa]	Tau [Pa]
9	6.834	3.318	0.514
18	10.209	6.014	2.516
27	11.993	7.672	4.214
36	13.591	9.413	5.956
45	14.956	11.354	7.85
54	16.27	13.326	9.25
63	17.491	14.5	10.23
72	18.727	16.2	11.56
81	20.019	18	12.65
90	21.258	19.25	13.5
99	22.546	20.21	14.653
108	23.713	21.8	16.14
117	24.629	22	17.45
126	25.622	22.9	17.9
135	26.663	23.65	18.5

144	27.765	24.5	20.15
153	28.876	26.25	21.4
162	29.836	26.35	22
171	30.579	27.1	22.32
180	31.109	27.25	21.9
200	30.161	23.317	18.5
220	28.35	21.203	15.51
240	26.856	19.831	10
260	25.334	18.878	6.904
280	24.104	18.095	6.518
300	23.159	17.419	6.26

Πίνακας 2: Οι τιμές του φαινόμενου ιξώδους (Pa's) για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, χωρίς καμία προσθήκη

	Πλήρες	Ημιαποβουτυρωμένο	Αποβουτυρωμένο
t (s)	μ [Pa's]	μ [Pa's]	μ [Pa's]
9	1.37	0.665	0.103
18	0.498	0.293	0.123
27	0.333	0.213	0.117
36	0.264	0.183	0.107
45	0.223	0.169	0.1
54	0.197	0.161	0.095
63	0.178	0.159	0.092
72	0.165	0.157	0.09
81	0.155	0.157	0.087
90	0.147	0.155	0.083
99	0.141	0.15	0.078
108	0.135	0.143	0.072
117	0.129	0.134	0.066
126	0.124	0.125	0.06
135	0.12	0.116	0.054
144	0.117	0.108	0.049
153	0.114	0.101	0.044
162	0.111	0.094	0.04
171	0.107	0.089	0.037
180	0.104	0.084	0.034
200	0.101	0.078	0.03
220	0.095	0.071	0.027
240	0.09	0.066	0.025
260	0.084	0.063	0.023
280	0.08	0.06	0.022
300	0.077	0.058	0.021

Πίνακας 3: Οι τις τιμές της διατμητικής τάσης (Pa) και του ρυθμού διάτμησης (1/s) για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

t[s]	Πλήρες		Ημιαποβουτυρωμένο		Αποβουτυρωμένο	
	D[1/s]	Tau[Pa]	D[1/s]	Tau[Pa]	D[1/s]	Tau[Pa]
9	4.83	32.896	4.99	5	4.94	2
18	20.57	39.006	7.81	6.834	10.21	5.685
27	36.05	40.794	10.209	10.209	20.52	9.814
36	51.57	42.716	36.05	11.993	35.1	10.518
45	67.1	45.603	51.57	13.591	49.25	11.925
54	82.63	47.926	67.1	14.956	62.7	13.489
63	98.16	50.401	82.63	16.27	79.95	15.347
72	113.69	52.421	98.16	17.491	88.7	17.544
81	129.22	53.974	113.69	18.727	105.4	19.773
90	144.75	55.483	129.22	20.019	121.8	22.162
99	160.22	55.818	144.75	21.258	137.82	24.418
108	175.75	56.149	160.22	22.546	155.7	26.33
117	191.28	56.29	175.75	23.713	168.67	27.775
126	206.81	56.43	191.28	24.629	186.93	28.559
135	222.34	56.564	206.81	25.622	201.7	28.919
144	237.87	55.962	222.34	26.663	218.5	29.216
153	253.45	56.005	237.87	27.765	224.65	29.393
162	268.93	55.647	253.4	28.876	248.19	29.298
171	284.46	55.797	268.93	29.836	261.2	29.165
180	299.98	56.259	284.46	30.579	285.41	29.013
200	299.98	53.631	299.98	31.109	299.98	28.985
220	299.98	51.204	299.98	30.161	299.98	27.081
240	299.98	49.186	299.98	28.35	299.98	25.108
260	299.98	46.831	299.98	26.856	299.98	24.262
280	299.98	45.15	299.98	25.334	299.98	22.946
300	299.98	43.537	299.98	24.104	299.98	21.735

Πίνακας 4: Οι τιμές του φαινόμενου ιξώδους (Pa's) για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με προσθήκη σκόνης ορού γάλακτος

t[s]	Πλήρες	Ημιαποβουτυρωμένο	Αποβουτυρωμένο
	μ [Pa's]	μ [Pa's]	μ [Pa's]
9	3	2.5	1.1
18	1.896	1.7	0.5

27	1.132	1.1	0.31
36	0.828	0.7	0.292
45	0.68	0.61	0.231
54	0.58	0.5	0.201
63	0.513	0.45	0.186
72	0.461	0.42	0.175
81	0.418	0.38	0.16
90	0.383	0.35	0.151
99	0.348	0.3	0.145
108	0.319	0.29	0.14
117	0.294	0.28	0.13
126	0.273	0.26	0.125
135	0.254	0.23	0.121
144	0.235	0.22	0.115
153	0.221	0.2	0.11
162	0.207	0.15	0.1
171	0.196	0.11	0.097
180	0.188	0.107	0.095
200	0.179	0.104	0.091
220	0.171	0.101	0.09
240	0.164	0.095	0.084
260	0.156	0.09	0.081
280	0.151	0.084	0.008
300	0.145	0.08	0.007

Πίνακας 5: Οι τιμές της διατμητικής τάσης τ (Pa) για τα δείγματα γιαουρτιού από πλήρες, ημιαποβουτυρωμένο και αποβουτυρωμένο γάλα, με προσθήκη σταθεροποιητών

	Πλήρες	Ημιαποβουτυρωμένο	Αποβουτυρωμένο
t[s]	Tau[Pa]	Tau[Pa]	Tau[Pa]
9	7.1	3.5	0.514
18	11.3	5.96	2.25
27	12.2	6.84	3.96
36	13.65	8.25	5.27
45	15.14	9.67	6.9
54	16.37	12.25	8.48
63	17.58	13.33	9.95
72	18.9	15.1	10.34
81	19.99	17.45	11.6
90	21.85	18.5	12.77
99	22.7	18.9	13.9
108	23.62	19.5	15.12

117	24.8	19.88	16.32
126	25.45	21.3	16.97
135	26.69	22.15	17.15
144	27.25	23.39	17.98
153	29	24.25	18.88
162	30.1	25.88	19.21
171	30.95	26.96	19.74
180	30.7	26	20.36
200	30.161	23.317	18.54
220	28.35	21.203	14.2
240	26.856	19.831	7.375
260	25.334	18.878	6.904
280	24.104	18.095	6.518
300	23.159	17.419	6.26