



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»

**Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού: Επίδραση διαφόρων
τεχνολογικών παραμέτρων στα χαρακτηριστικά του
προϊόντος και στη σύσταση του παραγόμενου ορού**

Μεταπτυχιακή Ερευνητική Μελέτη

ΚΑΡΑΣΤΑΜΑΤΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

Επιβλέπουσα: Δρ. Αικατερίνη Μοσχοπούλου, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ, 2019

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»**

**Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού: Επίδραση διαφόρων
τεχνολογικών παραμέτρων στα χαρακτηριστικά του προϊόντος και
στη σύσταση του παραγόμενου ορού**

**Influence of Different Technological Parameters on Characteristics
of Greek Strained Yoghurt and Its Acid Whey**

Μεταπτυχιακή Ερευνητική Μελέτη

ΚΑΡΑΣΤΑΜΑΤΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

Επιβλέπουσα: **Δρ. Αικατερίνη Μοσχοπούλου**, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Δρ. Γκόλφω Μοάτσου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΕΤΔΑ

Δρ. Αικατερίνη Μοσχοπούλου, Επίκουρη Καθηγήτρια ΤΕΤΔΑ

Δρ. Γιώργος Θεοδώρου, Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΖΠΥ

ΑΘΗΝΑ, 2019

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας του Τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα Επ. Καθηγήτρια κ. Μοσχοπούλου Αικατερίνη για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση και την καθοριστική συμβολή στην ολοκλήρωση της μελέτης.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αν. Καθηγήτρια Μοάτσου Γκόλφω και τον Επ. Καθηγητή Θεοδώρου Γιώργο, μέλη της εξεταστικής Επιτροπής, για τις εύστοχες διορθώσεις και παρατηρήσεις τους κατά την εξέταση.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την κ. Ζωίδου Ευαγγελία, ΕΔΙΠ στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας, για τη διαρκή καθοδήγηση, τις συμβουλές και τις ουσιαστικές γνώσεις που μου μετέδωσε.

Ευχαριστώ την κα. Σωτηράκογλου για τις υποδείξεις της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Γαλακτοκομίας και ειδικότερα το Διδακτορικό φοιτητή Σακκά Λάμπρο και τον κ. Πάσχο Θεόδωρο για την πολύτιμη βοήθειά τους στις επεξεργασίες της τυποποίησης /ομογενοποίησης /θερμικής επεξεργασία του γάλακτος κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Περίληψη

Στη συγκεκριμένη ερευνητική εργασία μελετήθηκε η επίδραση της θέρμανσης (85°C/16s, 100°C/16s, 90°C/5min) αγελαδινού γάλακτος με λίπος 3,2% σε συνδυασμό με το διαφορετικό στάδιο στράγγισης με φυγοκέντρωση (φυγοκέντρωση αμέσως μετά την επώαση ή την επομένη ημέρα) στη σύσταση αγελαδινών στραγγιστών γιαουρτιών και των αντιστοιχών ορών τους. Τα κύρια συμπεράσματα ήταν τα εξής: α) η θέρμανση στους 100°C/16s ή στους 90°C/5min απέδωσε στραγγιστό γιαούρτι με σύσταση παραπλήσια με αυτήν των στραγγιστών γιαουρτιών του εμπορίου με λίπος 8-10% και β) η στράγγιση με φυγοκέντρωση την επομένη ημέρα μείωσε την ποσότητα του παραγόμενου ορού, π.χ. κατά 11% στην περίπτωση του γιαουρτιού με θέρμανση του γάλακτος 90°C/5min, και γενικά οδήγησε σε αύξηση της απόδοσης σε στραγγιστό γιαούρτι 1-3,5% ανάλογα τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος.

Επιπλέον μελετήθηκε η επίδραση της διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας αγελαδινού γάλακτος (~0,5% και ~2%) σε συνδυασμό με τη διαφορετική μέθοδο στράγγισης (φυγοκέντρωση και παραδοσιακή στράγγιση με υφασμάτινο σάκο). Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι, ανεξάρτητα της λιποπεριεκτικότητας, η στράγγιση με φυγοκέντρωση απέδωσε γιαούρτι με περισσότερα στερεά συστατικά, αλλά η παραδοσιακή στράγγιση απέδωσε σημαντικά ($P<0.05$) λιγότερο ορό και συνεπώς στραγγιστό γιαούρτι με αυξημένη απόδοση 9-10%.

Λέξεις κλειδιά: Στραγγιστό γιαούρτι, τεχνολογία γιαουρτιού, όξινος ορός, παραδοσιακή μέθοδο στράγγισης

Abstract

Strained yoghurt production: Influence of different processing parameters on the characteristics of the product and on the composition of the produced acid whey

In this research work, the influence of the different heat treatment (85°C/16s, 100°C/16s, 90°C/5min) of bovine milk with fat 3.2% in combination with the different phase of draining, i.e. centrifugation after incubation or on the next day, on the composition of produced strained yoghurts and as well as on the removed acid whey were studied. The heat treatment at 100°C/16s or at 90°C/5min resulted in yoghurts having similar composition to the commercial strain yoghurts with 8-10% fat. The acid whey removal by centrifugation on the next day of yoghurt production resulted in reduced acid whey volume e.g. 11% in the case of milk heated at 90°C/5min, and in general, depending on the milk heat treatment in an increased strain yoghurt yield from 1% to 3.5%.

In addition, the influence of milk with different fat content (~0.5% or ~2%) in combination with the different method of draining, i.e. centrifugation or filtration through cloth bag (traditional method) were studied. The main conclusion was that independently the fat content, draining by centrifugation yielded strained yoghurts with more total solids, but traditional method yielded significantly ($P<0.05$) less acid whey and consequently increased the yield of strained yoghurt by 9% - 10%.

Key words: strained yoghurt, yoghurt technology, acid whey, traditional draining method

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. ΖΥΜΟΥΜΕΝΑ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΙΝΤΑ	σελ. 8
1.1 Ορισμός – Νομοθεσία	8
1.2 Τύποι ζυμούμενων γαλακτοκομικών	8
1.3 Στοιχεία παραγωγής – πώλησης	11
2. ΓΙΑΟΥΡΤΙ	13
2.1 Γενικά	13
2.2 Παραγωγή	13
2.3 Τύποι γιαουρτιού	20
3. ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ	22
3.1 Ορισμός	22
3.2 Μέθοδοι παρασκευής	22
3.3 Σύσταση	23
4. Ο ΟΡΟΣ ΤΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ	25
4.1 Ορισμός	25
4.2 Σύσταση όξινου ορού	25
4.3 Επεξεργασία και αξιοποίηση όξινου ορού	26

ΜΕΡΟΣ Β: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΚΟ ΜΕΡΟΣ

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	31
5.1 Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από γάλα διαφορετικής θερμικής επεξεργασίας και στράγγιση σε διαφορετικό χρόνο	31
5.2 Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από γάλα διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας και με διαφορετική μέθοδο στράγγισης	32
5.3 Φυσικοχημικές αναλύσεις	33
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	38
6.1 Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας και του σταδίου στράγγισης	38
6.2 Επίδραση της λιποπεριεκτικότητας και της μεθόδου στράγγισης	52
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62

ΜΕΡΟΣ Α: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Κεφάλαιο 1. Ζυμούμενα γαλακτοκομικά προϊόντα

1.1 Ορισμός – Νομοθεσία

Σύμφωνα με τον *Codex Alimentarius* τα ζυμούμενα προϊόντα είναι προϊόντα τα οποία παράγονται από τη ζύμωση γάλακτος, το οποίο μπορεί να προέρχεται από προϊόντα που παραλαμβάνονται από γάλα με ή χωρίς την τροποποίηση της σύστασης του. Η ζύμωση γίνεται υπό τη δράση κατάλληλων μικροοργανισμών τα οποία προκαλούν πτώση του pH με σχηματισμό ή όχι, πήγματος. Οι μικροοργανισμοί θα πρέπει να είναι ζωντανοί, ενεργοί και άφθονοι στο προϊόν έως την ελάχιστη διάρκεια ζωής του προϊόντος, εφόσον δεν πραγματοποιείται θέρμανση μετά τη ζύμωση.

Σε παγκόσμια κλίμακα, υπάρχουν περίπου 400 ονομασίες που αντιστοιχούν σε προϊόντα ζύμωσης με βάση το γάλα, τα οποία παράγονται τόσο σε παραδοσιακές όσο και σε βιομηχανικές συνθήκες. Παρόλα αυτά, πολλά από αυτά τα προϊόντα έχουν κοινή μέθοδο παρασκευής και κοινά χαρακτηριστικά και είναι ουσιαστικά όμοια. Όλα τα προϊόντα όμως έχουν κάποια κοινά στάδια κατά την παρασκευή τους. Σε βιομηχανικές συνθήκες συνήθως το γάλα υφίσταται καθαρισμό, τυποποίηση ως προς συγκεκριμένα συστατικά του και θέρμανση. Βασικό τους όμως χαρακτηριστικό είναι η ζύμωση του γάλακτος με οξυγαλακτικούς μικροοργανισμούς που είναι μη παθογόνοι ή τοξικοί, με αποτέλεσμα τη πτώση του pH, ενώ το κάθε προϊόν χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα είδη μικροοργανισμών τα οποία είναι υπεύθυνα για τη διαμόρφωση του ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους (McKevith & Shortt, 2003; Robinson & Tamime, 2006).

1.2 Τύποι ζυμούμενων γαλακτοκομικών

Τα τελικά χαρακτηριστικά των ζυμωμένων προϊόντων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το τρόπο με τον οποίον οι μικροοργανισμοί αξιοποιούν τα θρεπτικά συστατικά που είναι διαθέσιμα στο γάλα (McKevith & Shortt, 2003). Ως εκ τούτου, παράγοντες όπως το είδος των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται, η προέλευση και η σύσταση του γάλακτος ή του μέσου που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών (Robinson & Tamime,

2006) και οι συνθήκες που επικρατούν κατά τη παράγωγη του προϊόντος, συντελούν στη διαμόρφωση των ιδιαίτερων φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους, οι οποίες και τα χαρακτηρίζουν. Ανάλογα με τα φυσικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να διακριθούν σε ζυμούμενα γαλακτοκομικά, σε στραγγιστά ζυμούμενα γαλακτοκομικά, σε ζυμούμενα γαλακτοκομικά εμπλουτισμένα με γεύσεις και πόσιμα ζυμούμενα γαλακτοκομικά (*Codex Alimentarius*).

1.2.1 Γιαούρτι

Το γιαούρτι είναι το πιο διαδεδομένο ζυμούμενο γαλακτοκομικό προϊόν. Ο ορισμός του γιαουρτιού μπορεί να ποικίλει ανά το κόσμο, ως προς τη προέλευση του γάλακτος, τη φυσικοχημική σύσταση, την παρουσία πρόσθετων υλών ή την επεξεργασία που υφίσταται κατά την παραγωγή. Το προϊόν αυτό παρουσιάζεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας μελέτης.

1.2.2 Αριάνι (Ayran)

Πρόκειται για ζυμούμενο προϊόν σε ρευστή μορφή, ώστε να καταναλώνεται ως πόσιμο. Η παραδοσιακή μέθοδος παρασκευής του μοιάζει αρκετά με τη παρασκευή γιαουρτιού. Σε βιομηχανική κλίμακα, το γάλα τυποποιείται ως προς το λίπος (1,5%) και τα στερεά συστατικά (9,5%), θερμαίνεται και ομογενοποιείται. Στη συνέχεια εμβολιάζεται σε θερμοκρασία 40-45 °C με καλλιέργεια παρόμοια του γιαουρτιού (*Lactobacillus delbruekii ssp. bulgaricus* & *Streptococcus thermophilus*) και επωάζεται έως ότου το pH πέσει στο ~4,6. Ακολουθεί η ανάμειξη του με νερό (30-50%) και αλάτι (max. 1%), η συσκευασία και η αποθήκευση. Είναι δυνατή η αύξηση του χρόνου συντήρησης του έως και τον 1 μήνα από τη παραγωγή, με τη παστερίωση μετά τη πήξη του γάλακτος, κάτι που όμως συνοδεύεται από τη φυσικοχημική και διατροφική υποβάθμιση του τελικού προϊόντος (Erkaya *et. al.*, 2014; Nilsson *et. al.*, 2006).

1.2.3 Κούμις (kumis, kumiss)

Είναι ρευστό, πόσιμο προϊόν, παράγωγο γαλακτικής ζύμωσης, που παραδοσιακά παρασκευάζεται με βάση το γάλα φορβάδος ή καμήλας σε διάφορες περιοχές της Ασίας. Σε βιομηχανική κλίμακα, χρησιμοποιείται συχνά γάλα αγελάδας πλήρες ή αποβουτυρωμένο, το οποίο μπορεί να ρυθμίζεται ως προς τη σύσταση ώστε να προσομοιάζει το γάλα φορβάδος. Το προϊόν χαρακτηρίζεται από χαμηλό pH (3,9-4,5) και μικρή περιεκτικότητα σε αλκοόλ (0.5%-3%) παράγωγο της αλκοολικής ζύμωσης που συμβαίνει παράλληλα με τη γαλακτική, ενώ χαρακτηριστική είναι και η παρουσία αερίου CO₂ (Chaves-Lopez *et. al.*, 2014; Tamime *et. al.*, 2006). Το γάλα που προορίζεται για παραγωγή κουμις, αφού προετοιμαστεί,

εμβολιάζεται, αναδεύεται έντονα και ζυμώνεται σε θερμοκρασία 25-32°C (26-28°C) για ~1h. Η καλλιέργεια εκκίνησης αποτελείται από ένα μίγμα βακτηρίων και ζυμών, χαρακτηριστικοί εκ των οποίων είναι οι *Lb. delbrueckii ssp. Bulgaricus* και *Kluyveromyces marxianus* (*Codex Alimentarius*). Όταν η οξύτητα πέσει στο επιθυμητό επίπεδο, ομογενοποιείται, συσκευάζεται και επώάζεται για άλλες περίπου ~2h σε θερμοκρασία 18-20 °C προτού αποθηκευτεί σε θερμοκρασία συντήρησης (4-6 °C) (Wszolek *et. al.*, 2006).

1.2.4 Κεφίρ (Kefir)

Είναι ρευστό, πόσιμο προϊόν με παχιά υφή, παρουσία CO₂ και μικρή περιεκτικότητα σε αλκοόλ, αποτέλεσμα της ανάπτυξης οξυγαλακτικών βακτηρίων και ζυμών στο γάλα. Παραδοσιακά παρασκευάζεται με τη προσθήκη κόκκων κεφίρ στο γάλα και την επώασή του. Οι κόκκοι κεφίρ ουσιαστικά είναι συσσωματώματα μικροβιακών κυττάρων και μεταβολιτών τους, κυρίως εξωπολυσακχαριτών, καθώς επίσης και πρωτεϊνών του γάλακτος (Wszolek *et. al.*, 2006). Οι χαρακτηριστικότεροι μικροοργανισμοί που συμβάλουν στην πήξη είναι οι *Lactobacillus kefir*, μικροοργανισμοί του γένους *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Acetobacter* και οι ζύμες *Kluyveromyces marxianus*, *Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* και *Saccharomyces exiguus* (*Codex Alimentarius*). Σε βιομηχανική κλίμακα, το γάλα καθαρίζεται, τυποποιείται (1,5-3% λίπος), ομογενοποιείται και υπόκειται σε θερμική επεξεργασία (95°C για 5min). Στη συνέχεια ψύχεται στους 19-22°C και εμβολιάζεται με καλλιέργεια εκκίνησης που παράγεται από την επώαση των κόκκων κεφίρ σε γάλα (bulk starter culture) (Kim *et. al.*, 2018) ή με λυοφιλωμένη καλλιέργεια κεφίρ. Ακολουθεί ή διανομή σε συσκευασίες, η επώαση μέχρι την επιθυμητή οξύτητα για 10-12h και η ψύξη σε θερμοκρασία 9 °C. Το κεφίρ παραμένει σε αυτή τη θερμοκρασία για 1-3 ημέρες (15-20h για εμβολιασμό με λυοφιλωμένη καλλιέργεια) ώστε να ωριμάσει, προτού ψυχθεί σε θερμοκρασία αποθήκευσης (6 °C). Η αναδεδυμένη μορφή του κεφίρ πηζει μέσα στις δεξαμενές συσκευάζεται και ωριμάζει σε θερμοκρασίες ~9°C για 15h (Wszolek *et. al.*, 2006).

1.2.5 Λάγγκιφιλ (Langfil)

Πρόκειται για ζυμούμενο προϊόν, που παράγεται κυρίως στις Σκανδιναβικές χώρες. Χαρακτηριστική είναι η ελαφριά οξύτητα και το αυξημένο ιξώδες. Λόγω της παραγωγής εξωπολυσακχαριτών από την καλλιέργεια εκκίνησης, το σχηματιζόμενο πήγμα έχει καλή σταθερότητα και μειωμένη αποβολή ορού. Η διαδικασία παραγωγής του περιλαμβάνει την τυποποίηση του γάλακτος ως προς το λίπος (3%), την ομογενοποίηση και τη θέρμανση. Ο εμβολιασμός της καλλιέργειας εκκίνησης γίνεται στους 17-23 °C με στελέχη του *Lactobacillus lactis ssp cremoris*. Στη συνέχεια το προϊόν συσκευάζεται και επώάζεται μέχρι την επιθυμητή οξύτητα (4,6) για ~24h (Fonden *et. al.*, 2006).

1.2.6 Βύλλι (Villi)

Είναι ζυμούμενο προϊόν με παχιά υφή που στον παραδοσιακό τύπο διαθέτει επιφανειακά μια κρεμώδη στρώση στην οποία αναπτύσσονται ζύμες. Παρασκευάζεται από γάλα το οποίο προετοιμάζεται, θερμαίνεται και στη συνέχεια εμβολιάζεται με στελέχη *Lactobacillus lactis ssp cremoris* και της ζύμης *Geotrichum candidum* αφού ψυχθεί στους 20 °C. Ακολουθεί η συσκευασία, η επώαση του σε αυτή για 18-24 ώρες και η αποθήκευση σε θερμοκρασίες συντήρησης (Fonden *et. al.*, 2006).

1.2.7 Σκυρ (Skyr)

Πρόκειται για στραγγιστό προϊόν γαλακτικής ζύμωσης και ενζυμικής κατεργασίας με υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά. Για την παραγωγή του χρησιμοποιείται άπαχο γάλα το οποίο θερμαίνεται, ψύχεται στους 40 °C και στη συνέχεια αναμιγνύεται με οξυγαλακτική καλλιέργεια και χυμοσίνη (ρεννίνη). Ακολουθεί η επώαση του για 4-6 ώρες και η ψύξη του στους 18 °C θερμοκρασία στην οποία επώαζεται για άλλες 18 περίπου ώρες. Στη συνέχεια στραγγίζεται συνήθως με φυγοκέντριση ώστε να αποβληθεί μέρος του ορού και ψύχεται σε θερμοκρασία συντήρησης (Tamime *et. al.*, 2014).

1.3 Στοιχεία παραγωγής –πώλησης

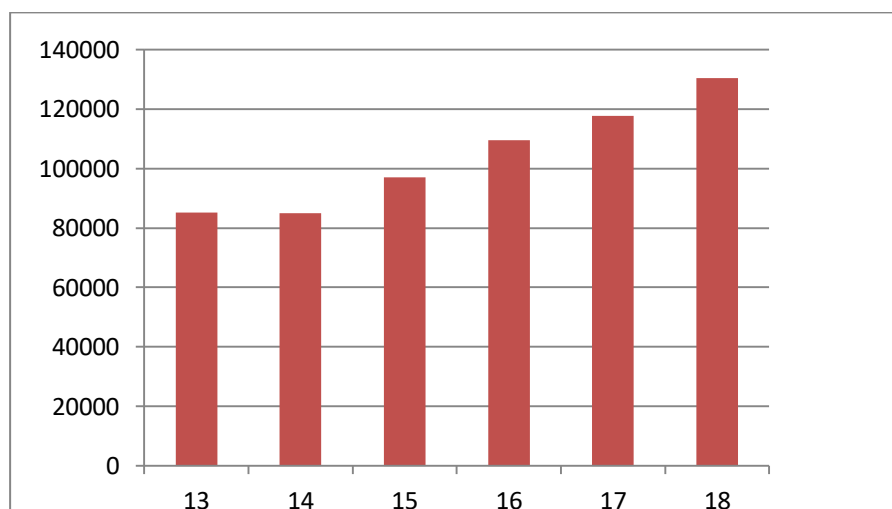
Το 2018 η παγκόσμια παραγωγή γάλακτος ήταν 843×10^6 τόνοι παρουσιάζοντας αύξηση περίπου 2,2% σε σχέση με το 2017. Η αύξηση αυτή στην οποία συνέβαλαν κυρίως η Ινδία, η Τουρκία, η ΕΕ, η ΗΠΑ και η Αργεντινή, αποδίδεται στην αύξηση του πληθυσμού και των αποδόσεων των γαλακτοπαραγωγών ζώων, στην αύξηση των αποδόσεων κατά τη συλλογή και επεξεργασία του γάλακτος και στην αύξηση της ζήτησης από τις γαλακτοβιομηχανίες (FAO, 2019). Η παγκόσμια παραγωγή γιαουρτιού και άλλων ζυμούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων έφτασε το 2012 τους $32-35 \times 10^6$ τόνους (Corrieu & Beal, 2016). Η παραγωγή ορού παγκοσμίως έφτασε το 2013 τους $180-190 \times 10^6$ τόνους (Chanfrau, 2017)

Η Ευρώπη παράγαγε 170.1×10^6 τόνους γάλα το 2017. Από αυτό τα 89,9% χρησιμοποιήθηκε για τη παρασκευή πόσιμου γάλακτος, τυριών, κρέμας και βουτύρου, ενώ το 4,2% ή περίπου οι $8,2 \times 10^6$ τόνοι χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ζυμούμενων προϊόντων και γιαουρτιών (Eurostat). Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί γιαουρτιού και ζυμούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων ήταν κατά σειρά η Γερμανία, η Γαλλία και η Ισπανία.

Στην Ελλάδα το 2017 παράχθηκαν 1.807.000 τόνοι γάλακτος (Eurostat). Σύμφωνα με τον ΕΛΓΟ το 2017 και το 2018 παράχθηκαν 602.923 και 620.827 τόνοι αγελαδινού γάλακτος αντίστοιχα, με τις μέσες αντίστοιχες τιμές να διαμορφώνονται στα 0,3938 ευρώ και 0,3991

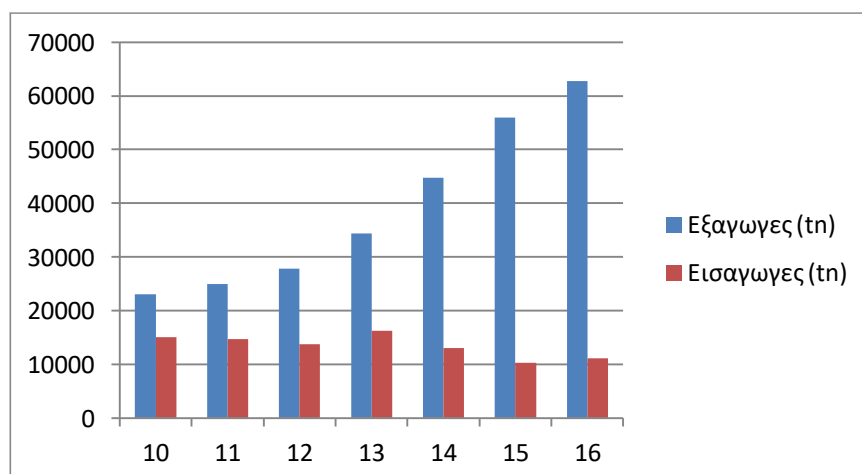
(ΕΛΓΟ). Η ποσότητα των παραγόμενων ζυμούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων και γιαουρτιών, έφτασε το 2017 και το 2018, τους 117.700 και 130.400 τόνους αντίστοιχα, ενώ τη τελευταία πενταετία σημειώνεται σταδιακή αύξηση της παραγωγής (**Πίνακας 1.1**) (Eurostat).

Πίνακας 1.1 Παραγωγή γιαουρτιών (τόνοι) και άλλων ζυμούμενων προϊόντων στην Ελλάδα από το 2013-2018 (πηγή: Eurostat)



Η παραγωγή γιαουρτιού κατέχει αξιόλογη θέση στην Ελληνική οικονομία, ειδικά εφόσον πρόκειται για προϊόν με αυξανόμενη ζήτηση, διεθνώς. Οι μεγαλύτεροι εισαγωγείς ελληνικού γιαουρτιού είναι παραδοσιακά η Γερμανία και η Γαλλία. Το 2016, η αξία της εξαγόμενης ποσότητας γιαουρτιού και στραγγιστού γιαουρτιού, έφτασε τα 58,691 εκατομμύρια δολάρια με τις εξαγωγές να είναι πάνω από 5 φορές μεγαλύτερες από τις εισαγωγές των αντίστοιχων προϊόντων (**Πίνακας 1.2**) (FAO, 2016).

Πίνακας 1.2. Εισαγωγές και εξαγωγές στην Ελλάδα για τα έτη 2010-2016 (πηγή: FAO)



Κεφάλαιο 2. Γιαούρτι

2.1 Γενικά

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) ως «Γιαούρτι» χαρακτηρίζεται το γαλακτοκομικό προϊόν το οποίο παράγεται από τη ζύμωση και πήξη του γάλακτος, με τη χρήση υποχρεωτικά των καλλιεργείων - εκκινητών *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, ώστε το τελικό ζυμωμένο προϊόν να περιέχει τουλάχιστον 10^7 cfu/g προϊόντος μέχρι την ημερομηνία ανάλωσής του (ΦΕΚ 2467/2016).

Σε γενικές γραμμές, η σύσταση του γιαουρτιού εξαρτάται από τη σύσταση της πρώτης ύλης από την οποία προήλθε. Συνεπώς, παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση του γάλακτος όπως το είδος και η φυλή του ζώου, το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, ο τρόπος άμελξης, η διατροφή, οι συνθήκες σταυλισμού, η εποχή παραγωγής του αλλά και η επεξεργασία και η τυποποίηση του, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την τελική σύσταση του γιαουρτιού (Tamime & Robinson, 1999).

Όσον αφορά τη σύστασή του ο *Codex Alimentarius* ορίζει ότι: η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 2,7% ενώ η περιεκτικότητα σε λίπος να μην υπερβαίνει το 15%. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ως ελάχιστη τιμή για την πρωτεΐνη στο αγελαδινό και γίδινο γιαούρτι καθορίζεται το 3,2% και για το πρόβειο το 5,5%, ενώ για συνδυασμό γαλάτων από διαφορετικά ζώα ορίζεται ως ελάχιστη πρωτεΐνοπεριεκτικότητα, τιμή ενδιάμεση των παραπάνω και αντίστοιχη της αναλογίας των ειδών γάλακτος από το οποίο απαρτίζεται.

2.2 Παραγωγή

Παρόλο που κάποια στάδια παραγωγής διαφοροποιούνται ανά τους διάφορους τύπους γιαουρτιών τα βασικά στάδια παραμένουν όμοια.

2.2.1 Προετοιμασία γάλακτος για παραγωγή γιαουρτιού

Το γάλα το οποίο προορίζεται για παραγωγή γιαουρτιού, όπως και το γάλα για την παραγωγή οπουδήποτε γαλακτοκομικού προϊόντος θα πρέπει να καθαριστεί από τυχόν ξένες ουσίες που μπορεί να εμπεριέχονται σε αυτό, τόσο από το ίδιο το ζώο που το παράγει, όσο και από το περιβάλλον παραγωγής του. Η πιο απλή μέθοδος είναι το φιλτράρισμα με

υφασμάτινους ηθμούς, που όμως αφαιρούν τα μεγαλύτερα μόνο σωματίδια (Tamime & Robinson, 1999). Για την απομάκρυνση ξένων ουσιών με μικρότερο μέγεθος μπορεί να εφαρμοστεί ο φυγοκεντρικός καθαρισμός, με τη βοήθεια εξοπλισμού παρόμοιο με τον κορυφολόγο. Η απομάκρυνση των ακαθαρσιών και των σπορίων βασίζεται στο βάρος τους υπό τη δράση της φυγόκεντρου δύναμης. Καθώς αυτά είναι βαρύτερα από τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος, συσσωρεύονται στα τοιχώματα του διαυγαστή με τη μορφή λάσπης (Καμιναρίδης & Μοάτσου 2009). Αυτή η μέθοδος όμως μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες λόγω της θραύσης των βακτηριακών συσσωματωμάτων και κατά συνέπεια τη γρηγορότερη οξύνιση του γάλακτος. Η χρήση φυγοκεντρικών διαχωριστήρων υψηλής ταχύτητας (βακτηριοκάθαρση), απομακρύνει, τις ξένες ουσίες και τα περισσότερα βακτήρια μαζί με μια ποσότητα (2-3%) άπαχου γάλακτος. Η μικροδιήθηση είναι μια αποτελεσματική και φτηνή λύση όπου το γάλα περνά μέσα από μια ημιπερατή μεμβράνη με πόρους συνήθως μεγαλύτερους από 0,2 μm και υπό μέτριες πιέσεις. Η μεμβράνη συγκρατεί τα μεγάλα σωματίδια, όπως ακαθαρσίες, λιποσφαίρια, κάποια καζεϊνικά μικκύλια καθώς και τα περισσότερα βακτήρια, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά περνάνε στο διήθημα. Σε γενικές γραμμές η εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων κατά την παραγωγή γιαουρτιού, πέρα από το απλό φιλτράρισμα με υφασμάτινους ηθμούς, δεν είναι απαραίτητες, διότι η θερμική επεξεργασία που ακολουθεί, είναι αρκετή για να διασφαλίσει την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών που ενδεχομένως να υπάρχουν στο γάλα (Tamime & Robinson, 1999).

Συνήθως πριν τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος πραγματοποιείται η τυποποίηση ως προς συγκεκριμένα συστατικά του. Ο σκοπός της τυποποίησης είναι να ρυθμιστεί η σύσταση του τελικού προϊόντος, τόσο για τεχνολογικούς σκοπούς όσο και για λόγους εναρμόνισης με την νομοθεσία της κάθε χώρας στην οποία πραγματοποιείται η παραγωγή. Η τυποποίηση ως προς το λίπος μπορεί να γίνει είτε με την προσθήκη ή την αφαίρεση λίπους από το γάλα, είτε με την ανάμειξη πλήρους ή αποβουτυρωμένου γάλακτος με κρέμα γάλακτος στις επιθυμητές αναλογίες (Tamime & Robinson, 1999). Η τυποποίηση του ΣΥΑΛ μπορεί να επιτευχθεί, με εξάτμιση, με τη χρήση μεμβρανών υπερδιήθησης ή τη προσθήκη προϊόντων γάλακτος στη πρώτη ύλη, όπως σκόνη γάλακτος (Robinson *et. al.*, 2006) εφόσον επιτρέπεται από τη νομοθεσία. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, η μόνη προσθήκη που επιτρέπεται για τη ρύθμιση του ΣΥΑΛ είναι πρωτεΐνη γάλακτος του ίδιου είδους ζώου, εφόσον το τελικό ΣΥΑΛ δεν ξεπερνά τις 4 μονάδες του ΣΥΑΛ του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε ενώ για το λίπος επιτρέπεται μόνο η προσθήκη κρέμας γάλακτος.

Η ομογενοποίηση αποσκοπεί στην αποφυγή του φαινομένου της αποκορύφωσης που συμβαίνει φυσικά στο γάλα και που στη παρασκευή του γιαουρτιού συμβαίνει κυρίως κατά το στάδιο της επώασης. Κατά την ομογενοποίηση, το γάλα διέρχεται από μια στενή οπή υπό

πίεση 15-20 MPa και σε θερμοκρασία περίπου 65-70 °C (Robinson *et. al.*, 2006). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση και τον τεμαχισμό των λιποσφαιρίων και συνεπώς, την αύξηση του αριθμού τους και τη μείωση της διαμέτρου τους, συνήθως σε μέγεθος μικρότερο του 1μm (Walstra *et. al.*, 2006; Chandan & O'Rell, 2006). Σε αυτό το στάδιο λαμβάνει χώρα επίσης και μια περιορισμένης έκτασης μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού και κυρίως της β-γαλακτογλοβουλίνης και της α-λακτοαλβουμίνης (Tamime & Robinson, 1999). Κατά το δεύτερο στάδιο, το οποίο μπορεί να μην εφαρμόζεται πάντα, το γάλα περνά από μια στενή οπή με μικρότερη πίεση (~0,1MPa) ώστε να διαχωριστούν τα συσσωματώματα λιποσφαιρίων που δημιουργούνται κατά το πρώτο στάδιο (Walstra *et. al.*, 2006). Η μειωμένη διάμετρος και η ομοιογενή κατανομή των λιποσφαιρίων στη μάζα του γάλακτος, αποτρέπουν τη συσσωμάτωσή τους. Αυτό σε συνδυασμό με τη μετουσίωση των κρυογλοβουλινών που συμβάλουν και αυτές στη φυσική αποκορύφωση, αποτρέπουν τη δημιουργία στιβάδας στην επιφάνεια του γάλακτος. Η νέα επιφάνεια των λιποσφαιρίων που σχηματίζεται από αυτή την επεξεργασία προσροφά μέρος των καζεϊνών και των πρωτεϊνών του ορού. Αυτό αυξάνει τον αριθμό των δομικών στοιχείων κατά τη πήξη, συμβάλλοντας θετικά στο σχηματισμό του πήγματος, μειώνοντας την αποβολή ορού και προσδίδοντας πιο λευκό χρωματισμό. Η ομογενοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί και μετά τη θερμική επεξεργασία, αλλά μόνο υπό ασηπτικές συνθήκες, ή και καθόλου ανάλογα με το τύπο του γιαουρτιού που πρόκειται να παρασκευαστεί (Robinson *et. al.*, 2006; Καμινारीδης & Μοάτσου 2009).

2.2.2 Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος που προορίζεται για γιαούρτι παίζει σημαντικό ρόλο για την επιτυχή παραγωγή του, τόσο λόγω του ευνοϊκού περιβάλλοντος που εξασφαλίζεται για την καλλιέργεια εκκίνησης, όσο και λόγω των φυσικοχημικών μεταβολών που πραγματοποιούνται στα συστατικά του γάλακτος και συμβάλουν στη σταθερότητα του τελικού προϊόντος. Οι θερμοκρασίες που εφαρμόζονται είναι εντονότερες συγκριτικά με την απλή παστερίωση και κυμαίνονται γύρω στους 85-95°C για 30-5 min. Οι συνδυασμοί αυτοί χρόνου-θερμοκρασίας αρκούν για να καταστρέψουν την πλειοψηφία των ζωντανών μικροοργανισμών, εξασφαλίζοντας συνθήκες μειωμένου ανταγωνισμού για την αρχική καλλιέργεια λόγω της απουσίας ανταγωνιστικών μικροοργανισμών (Tamime & Robinson, 1999). Η μειωμένη συγκέντρωση του O₂ το οποίο αποβάλλεται με τη θέρμανση, ευνοεί περαιτέρω τα οξυγαλακτικά βακτήρια λόγω της μικροαερόφιλης φύσης τους, ενώ η παράγωγή αζωτούχων ενώσεων, προϊόντα της μερικής διάσπασης των πρωτεϊνών που παράγονται σε αυτές τις θερμοκρασίες, βελτιώνουν την αξιοποίηση του μέσου ανάπτυξης από αυτά (Robinson *et. al.*, 2006; Chandan & O'Rell, 2006).

Οι φυσικοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά την θέρμανση στα συστατικά του γάλακτος, επηρεάζουν καθοριστικά τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

Πρωτεΐνες: Τόσο οι καζεΐνες όσο και οι πρωτεΐνες του ορού επηρεάζονται από την έντονη θέρμανση. Οι θερμοευαίσθητες πρωτεΐνες του ορού μετουσιώνονται, συμβάλλοντας στη δημιουργία δεσμών μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων του γάλακτος με αποτέλεσμα το σχηματισμό σταθερότερου δικτύου και τη βελτίωση της ικανότητας συγκράτησης νερού του πηγματος που πρόκειται να σχηματιστεί (Robinson *et. al.*, 2006). Η β-γαλακτογλοβουλίνη μετουσιώνεται σε αξιόλογο ποσοστό (75-100%) και συνδέεται κυρίως με την κ-καζεΐνη (Καμιναρίδης & Μοάτσου 2009), γεγονός το οποίο βελτιώνει τη συνεκτικότητα και τις ρεολογικές του ιδιότητες του γιαουρτιού μετά τη πήξη (Robinson *et. al.*, 2006).

Άλατα: Όσον αφορά τα άλατα, η θέρμανση αλλάζει τη κατάσταση των αλάτων και κυρίως του φωσφόρου, του ασβεστίου και του μαγνησίου. Θέρμανση στους 85 °C 30 λεπτά αρκεί για προκαλέσει τη μετάπτωση του 16% του διαλυτού ασβεστίου στη κολλοειδή μορφή (Tamime & Robinson, 1999).

Λακτόζη: Η λακτόζη μπορεί να διασπαστεί με τη θέρμανση στα παράγωγα της γαλακτόζη και γλυκόζη, να ισομεριωθεί ή και να δώσει διάφορα άλλα προϊόντα όπως λακτουλόζη και διάφορα οργανικά οξέα.

Βιταμίνες: Γενικά οι βιταμίνες καταστρέφονται σε ένα ποσοστό από τη θέρμανση. Οι λιποδιαλυτές μπορεί να καταστραφούν σε μικρό ποσοστό αλλά οι υδατοδιαλυτές ως πιο θερμοευαίσθητες υφίστανται σημαντικές απώλειες (Tamime & Robinson, 1999).

Η θέρμανση μπορεί να γίνει τόσο σε εναλλάκτη θερμότητας όσο και σε δεξαμενές, χωρίς να διαφοροποιείται η ποιότητα του αποδιδόμενου γιαουρτιού ανάλογα με την μέθοδο θέρμανσης.

2.2.3 Ψύξη και εμβολιασμός

Μετά το στάδιο της θερμικής επεξεργασίας ακολουθεί η ψύξη του γάλακτος και η προσθήκη της καλλιέργειας εκκίνησης. Η καλλιέργεια εκκίνησης αποτελείται από τους μικροοργανισμούς *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* σε αναλογία συνήθως 1:1 (Tamime *et. al.*, 2006). Ο *S. thermophilus* σχηματίζει ευθείες αλυσίδες από ραβδοειδή κύτταρα ενώ ο *L. Bulgaricus* σχηματίζει ωοειδή κύτταρα. Είναι μη παθογόνοι, αεροανθεκτικοί αναερόβιοι μικροοργανισμοί που δεν σχηματίζουν σπόρια και δρουν βάση της ομοζυμωτικής μεταβολικής οδού. Οι δυο αυτοί μικροοργανισμοί αναπτύσσουν μια συμβιωτική σχέση μέσα στο γάλα, η οποία είναι αμοιβαία ωφέλιμη για την ανάπτυξη και των δυο. Είναι δυνατόν

όμως, πέρα από αυτούς τους δυο, να χρησιμοποιηθούν και άλλοι μικροοργανισμοί οι οποίοι προσδίδουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (π.χ. άρωμα, προβιοτική δράση) στο τελικό προϊόν και που προστίθενται είτε κατά τον εμβολιασμό, είτε ενσωματώνονται στο γιαούρτι μετά τη πήξη (Chandan & O'Rell, 2006; Corrieu & Beal, 2016). Στη περίπτωση αυτή η συμβιωτική σχέση ενδεχομένως να επηρεάζεται σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα τα στελέχη που θα χρησιμοποιηθούν (Corrieu & Beal, 2016). Το γάλα συνήθως ψύχεται από τη θερμοκρασία της θερμικής επεξεργασίας στους 42-43 °C σε εναλλάκτες θερμότητας ή σε δεξαμενές με καλή μόνωση. Αυτή η θερμοκρασία είναι και η βέλτιστη για την συμβιωτική ανάπτυξη των δυο βασικών μικροοργανισμών που συνιστούν τη καλλιέργεια του γιαουρτιού, ενώ μεμονωμένα οι μικροοργανισμοί αυτοί έχουν ταχύτερη ανάπτυξη στους 37 °C και 45 °C για τον *S. thermophilus* και τον *L. Delbrueckii* αντίστοιχα. Οι καλλιέργειες μπορεί να βρίσκονται σε υγρή μορφή, κατεψυγμένες ή λυοφιλοποιημένες. Η προσθήκη γίνεται με την ανάμειξη της καλλιέργειας εκκίνησης σε αναλογία 2% (0,5-3,0%) της ποσότητας του γάλακτος, είτε απευθείας εφόσον χρησιμοποιηθεί λυοφιλοποιημένη καλλιέργεια. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξασφαλιστεί η καλή ανάμειξη της καλλιέργειας με το γάλα. Οι συνθήκες του εμβολιασμού θα πρέπει να είναι ασηπτικές, η καλλιέργεια εκκίνησης να περιέχει ικανό αριθμό ζωντανών κυττάρων και το γάλα να είναι ελεύθερο αντιβιοτικών και βακτηριοφάγων, ώστε να εξασφαλιστεί η επιτυχής ανάπτυξη των μικροοργανισμών (Robinson *et. al.*, 2006; Μάντης *et. al.*, 2015).

2.2.4 Επώαση και Πήξη

Οι μικροοργανισμοί μετά τον εμβολιασμό αναπτύσσονται και αυξάνονται χάρη στις ευνοϊκές συνθήκες που επικρατούν στο μέσο ανάπτυξης μεταβολίζοντας τη λακτόζη. Η ανάπτυξη και των δυο προάγεται από τη συμβιωτική σχέση που αναπτύσσουν. Συγκεκριμένα ο *S. thermophilus* ευνοείται από τα ελεύθερα αμινοξέα και πεπτίδια που προέρχονται κυρίως από τη δράση των πρωτεασών του *L. Bulgaricus*, ενώ ο ίδιος ευνοείται από τη παραγωγή φορμικού και φολικού οξέος αλλά και του CO₂ που παράγονται από τον *S. thermophilus* (Corrieu & Beal, 2016). Στις 2 ώρες και υπό τις βέλτιστες συνθήκες αρχίζουν να είναι ορατές οι πρώτες αποικίες των μικροοργανισμών και σε 4 ώρες ο αριθμός τους ξεπερνά τους 10⁷ ml⁻¹ κύτταρα. Αρχικά αναπτύσσεται ο *S. thermophilus* προκαλώντας τη πτώση του pH έως το 5. Η δράση του αναστέλλεται σύντομα λόγω της ευαισθησίας του στη παρουσία γαλακτικού οξέος. Έτσι η περεταίρω πτώση του pH οφείλεται κυρίως στη δράση του *L. Bulgaricus*, ο οποίος αναπτύσσεται ραγδαία από τα προϊόντα του μεταβολισμού του *S. Thermophilus* και είναι ανθεκτικότερος σε χαμηλότερες τιμές οξύτητας. Το κύριο προϊόν του μεταβολισμού των δυο οξυγαλακτικών βακτηρίων είναι το γαλακτικό οξύ, το οποίο με την παραγωγή του προκαλεί και ανάλογη πτώση του pH. Σε pH<6 το κolloειδές φωσφορικό ασβέστιο αρχίζει να αποδεσμεύεται από τα καζεϊνικά μικκύλια και να μεταπίπτει στην υδατική φάση, με

αποτέλεσμα την αποδιοργάνωσή τους. Όταν το pH πέσει περίπου στο 5,3 το θερμασμένο γάλα αρχίζει να σχηματίζει πήγμα και σε pH περίπου 5,1 όλο το φωσφορικό ασβέστιο έχει διαλυτοποιηθεί. Σε pH 4,6, δηλαδή το ισοηλεκτρικό σημείο των καζεϊνών, αυτές διαλυτοποιούνται και συσσωματώνονται μέσω υδροφοβικών και ηλεκτροστατικών δεσμών, σχηματίζοντας ένα δίκτυο πρωτεϊνών. Συνεπώς, από τις παραπάνω μεταβολές δημιουργείται ένα πλέγμα που συγκρατεί το νερό και συστατικά του επεξεργασμένου γάλακτος σχηματίζοντας το χαρακτηριστικό πήγμα του γιαουρτιού. Στο τέλος της επώασης οι τιμές pH κυμαίνονται συνήθως σε τιμές 4,5-4,8, ενώ οι μικροοργανισμοί αριθμούν περίπου τα 10^9 cfu g^{-1} (Robinson *et. al.*, 2006; Καμινारीδης & Μοάτσου 2009; Corrieu & Beal, 2016).

Η θερμοκρασία επώασης συμπίπτει με τη θερμοκρασία στην οποία προστίθεται η καλλιέργεια εκκίνησης και είναι συνήθως 42-43 °C. Παρόλα αυτά ανάλογα με τις τεχνολογικές παραμέτρους που έχουν οριστεί, μπορεί η θερμοκρασία αυτή να διαφέρει μέσα σε ορισμένα πλαίσια (π.χ. 30-40 °C). Θερμοκρασία μικρότερη της βέλτιστης, οδηγεί σε αυξημένους χρόνους επώασης (~18h) έως την πήξη, με συνέπεια τη μειωμένη παραγωγή αρωματικών ουσιών από τα βακτήρια αλλά επίσης την καλύτερη δομή, τη μειωμένη συναίρεση και τις καλύτερες ρεολογικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Η επώαση γίνεται συνήθως σε συσκευασίες (Set) ή σε δεξαμενές επώασης (Stirred) ανάλογα με το τύπο γιαουρτιού που πρόκειται να παρασκευαστεί (Robinson *et. al.*, 2006).

Κατά την επώαση, πραγματοποιούνται από τα οξυγαλακτικά βακτήρια οι σημαντικές μεταβολές των συστατικών του γάλακτος, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την παραγωγή του τελικού προϊόντος.

Λακτόζη: Η λακτόζη είναι το συστατικό του γάλακτος που αξιοποιείται από τους μικροοργανισμούς και μεταβολίζεται σε γαλακτικό οξύ, η περιεκτικότητα του οποίου στο γιαούρτι είναι περίπου 1% (0,9-1,2%). Δρώντας με τη ομοζυμωτική μεταβολική οδό οι δυο μικροοργανισμοί παράγουν θεωρητικά 1 mol γαλακτόζης η οποία αποβάλλεται από το κύτταρο και 2 mol γαλακτικού οξέος για κάθε mol λακτόζης που αξιοποιούν ενδοκυτταρικά (Corrieu & Beal, 2016). Η παραγωγή του γαλακτικού οξέος αντιστοιχεί με μια μείωση της λακτόζης της τάξης του 25-30% της αρχικής ποσότητας στο γάλα (Chandan & O'Rell, 2006). Το γαλακτικό οξύ στο γιαούρτι παράγεται σε 2 ισομερείς μορφές, την L(+) για την οποία υπεύθυνος είναι ο *S. thermophilus* και τη D(-) που παράγεται από τον *L. Bulgaricus*. Η αναλογία της κάθε μορφής σε γιαούρτι που έχει παρασκευαστεί σωστά, είναι συνήθως 45-60% για την L(+) μορφή και 40-55% για την D(-) μορφή. Σημαντική παρέκκλιση από αυτές τις αναλογίες συνήθως συνδέεται με κάποια αστοχία κατά τη παραγωγή, δημιουργώντας ενδεχομένως προϊόν με μη επιθυμητές ιδιότητες και οξύτητα (Tamime & Robinson, 1999).

Άλλα σημαντικά προϊόντα του μεταβολισμού της λακτόζης είναι η γαλακτόζη, η γλυκόζη, η ακεταλδεύδη και το οξικό οξύ (Tamime & Robinson, 1999; Chandan & O'Rell, 2006).

Πρωτεΐνες: Οι μικροοργανισμοί διασπούν τις πρωτεΐνες του γάλακτος με τη βοήθεια πρωτεολυτικών ενζύμων, παράγοντας πεπτίδια και ελεύθερα αμινοξέα κάποια από τα οποία και αξιοποιούν. Ως εκ τούτου προϊόντα του μεταβολισμού των πρωτεϊνών, ουρία και αμμωνιακό άζωτο, πεπτίδια και ελεύθερα αμινοξέα (κυρίως γλυκίνη και προλίνη (Chandan & O'Rell, 2006) μπορούν να ανιχνευτούν στο γιαούρτι. Η πρωτεολυτική δράση των μικροοργανισμών παραμένει ενεργή και κατά τη συντήρηση του γιαουρτιού (Tamime & Robinson, 1999).

Λίπη: Έχει ανιχνευτεί η δράση λιπολυτικών ενζύμων όπως λιπάσες και εστεράσες από οξυγαλακτικά βακτήρια που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια εκκίνησης. Παρόλο που τα φαινόμενα της λιπόλυσης είναι γενικά περιορισμένα, συμβαίνουν σημαντικές αλλαγές στην μορφή των λιπών όπως αύξηση των κορεσμένων λιπαρών οξέων καθώς επίσης και αύξηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων και του ελαϊκού οξέος, μείωση των επιπέδων του λινολενικού και λινελαϊκού οξέος και σχεδόν ολοκληρωτική αποδόμηση των μονογλυκεριδίων (Tamime & Robinson, 1999).

Βιταμίνες: Άλλες καταναλώνονται για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών ή καταστρέφονται κατά τη διάρκεια της επώασης και της συντήρησης και άλλες όπως η νιασίνη και το φολικό οξύ συντίθενται από αυτούς (Tamime & Robinson, 1999; Chandan & O'Rell, 2006).

2.2.5 Ψύξη και Συντήρηση

Ανάλογα με το που πραγματοποιήθηκε η επώαση, το γιαούρτι ψύχεται από τη θερμοκρασία επώασης στους 20 °C με ψυχρό αέρα σε τούνελ ή βιομηχανικά ψυγεία, με κρύο νερό σε δεξαμενές ή σε εναλλάκτες θερμότητας και συντηρείται σε θερμοκρασία μικρότερη των 5 °C. Η μείωση της θερμοκρασίας πρέπει να είναι ταχεία ώστε να ανασταλεί η οξίνιση του προϊόντος στον επιθυμητό pH (4,0-4,6) κάτι που επιτυγχάνεται συνήθως το πολύ σε 2 ώρες. Η δραστηριότητα των οξυγαλακτικών βακτηρίων περιορίζεται σημαντικά, τόσο λόγω της θερμοκρασίας συντήρησης όσο και λόγω της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος, το οποίο πάνω από μια συγκέντρωση (~1,5%) δρα ως ανασταλτικός παράγοντας για την ανάπτυξη τους (Tamime *et. al.*, 2006; Καμιναρίδης & Μοάτσου 2009; Corrieu & Beal, 2016). Ο χρόνος διατήρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε θερμοκρασία συντήρησης παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα το παραγόμενο γιαούρτι. Για το παραδοσιακό γιαούρτι, αυτός είναι περίπου 15 ημέρες (Moschoroulou *et. al.*, 2019). Η επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης μπορεί να επιτευχθεί με την θέρμανση του μετά τη πήξη στους 60-65 °C για

μερικά δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά. Η θέρμανση αυτή αδρανοποιεί τους μικροοργανισμούς της καλλιέργειας και τα παραγόμενα από αυτούς ένζυμα, αυξάνοντας τη διάρκεια συντήρησης κατά μερικές εβδομάδες. Αυτή η επεξεργασία όμως καθιστά το προϊόν ασύμβατο με τον ορισμό που δίνει ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών για το γιαούρτι και ο FAO για τα ζυμούμενα γαλακτοκομικά (Μάντης *et. al.*, 2015).

2.3 Τύποι γιαουρτιού

2.3.1 Παραδοσιακό

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών “το παραδοσιακό γιαούρτι παρασκευάζεται από νωπό ή παστεριωμένο γάλα χωρίς καμία τροποποίηση της φυσικής του σύνθεσης, εκτός από τη λιποπεριεκτικότητα. Η λιποπεριεκτικότητα ρυθμίζεται έτσι ώστε να διαθέτει τον χαρακτηριστικό υμένα, ο οποίος σχηματίζεται από τη φυσική αποκορύφωση του λίπους του γάλακτος”. Στην πράξη το γάλα αφού καθαριστεί και ρυθμιστεί η λιποπεριεκτικότητά του, θερμαίνεται μέχρι βρασμού. Η διάρκεια και η θερμοκρασία θέρμανσης μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τον επιθυμητό βαθμό μείωσης της υγρασίας, που μπορεί να φτάσει έως και το 1/3 του αρχικού όγκου του γάλακτος (Tamime & Robinson, 1999). Συνήθως πραγματοποιείται στους 90-95°C για 5-30 min. Στη συνέχεια διανέμεται στις συσκευασίες όπου και παραμένει έως ότου η θερμοκρασία πέσει στους 40-45 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία πραγματοποιείται ο εμβολιασμός με ποσότητα γιαουρτιού περίπου 2-3% του γάλακτος, προηγούμενης πρόσφατης παραγωγής. Ακολουθεί η επώαση του στην ίδια θερμοκρασία για 2-3 ώρες μέχρι τη πήξη και τη μείωση του pH στα επιθυμητά επίπεδα. Τέλος ψύχεται και αποθηκεύεται σε θερμοκρασία <5 °C (Robinson *et. al.*, 2006; Moschoroulou & Moatsou, 2017).

2.3.2 Με συνεκτική δομή (set type yoghurt)

Το γιαούρτι τύπου Set χαρακτηρίζεται από λεία επιφάνεια, συνεκτική και ομοιογενή δομή τόσο στην επιφάνεια του όσο και στον υπόλοιπο όγκο του, ενώ δεν πρέπει να υπάρχει παρουσία ορού (Robinson & Tamime 2006). Το γάλα αφού καθαριστεί και τυποποιηθεί, προθερμαίνεται στους 55-70 °C και ομογενοποιείται σε πίεση 15-20MPa (~17MP). Ακολουθεί η βασική θέρμανση που μπορεί να ποικίλει σε συνδυασμούς θερμοκρασιών-χρόνου θέρμανσης. Οι συνηθέστεροι συνδυασμοί που εφαρμόζονται είναι 80-85°C για 30 min, 90-95 °C για 5-10 min (Robinson 2006; Καμινάριδης & Μοάτσου 2009). Στη συνέχεια, το προς πήξη γάλα ψύχεται συνήθως στους 40-48 °C (~43 °C) θερμοκρασία στην οποία και εμβολιάζεται. Ακολουθεί η διανομή σε συσκευασίες και η επώαση που γίνεται μέσα σε αυτές και για χρονική διάρκεια 3 περίπου ωρών. Οι συσκευασίες στη συνέχεια ψύχονται και αποθηκεύονται σε θερμοκρασία όχι μεγαλύτερη των 4°C.

2.3.3 Με αναδευμένη δομή (stirred yoghurt)

Το γιαούρτι με αναδευμένη δομή μπορεί να χαρακτηριστεί και ως προϊόν όπου τεμάχια πήγματος βρίσκονται πυκνά διάσπαρτα στον ορό. Η δομή του πρέπει να είναι παχύρρευστη και ομοιογενής και η υφή του λεία (Robinson 2006). Το γάλα που προορίζεται για γιαούρτι προετοιμάζεται, ομογενοποιείται και θερμαίνεται σε συνθήκες όμοιες με αυτές του συνεκτικού γιαουρτιού. Το γάλα στη συνέχεια ψύχεται σε θερμοκρασία εμβολιασμού και επωάζεται. Η θερμοκρασία επώασης ενδέχεται να είναι αρκετά μικρότερη (30-32 °C) από τη θερμοκρασία στην οποία επωάζεται το Set γιαούρτι και ως εκ' τούτου παρατεταμένη (16-20h). Αυτό συμβαίνει, διότι συνήθως χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα στελέχη βακτηρίων τα οποία απαιτούν αυτές τις ιδιαίτερες συνθήκες, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή υφή του τελικού προϊόντος μετά την ανάδευση (Walstra *et. al.*, 2006). Επίσης η αργή πήξη έχει υποστηριχτεί ότι βοηθά στη δημιουργία καλύτερης δομής αλλά και στη σταθερότητα του τελικού πήγματος. Το γάλα επωάζεται μέσα στις δεξαμενές και μετά την πήξη του, ψύχεται στους ~20 °C, θερμοκρασία στην οποία είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί η ανάμειξή του με πρόσθετα και άλλες αρωματικές ουσίες και τέλος αναδεύεται. Ύστερα διανέμεται σε συσκευασίες και αποθηκεύεται στους 4°C (Robinson 2006; Καμινναρίδης & Μοάτσου 2009; Corrieu & Beal, 2016).

Κεφάλαιο 3. Στραγγιστό γιαούρτι

3.1 Ορισμός

Σύμφωνα με τον ΚΤΠ «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». Η αποβολή του ορού, ο οποίος αποτελείται ως επί το πλείστον από νερό, έχει στόχο την αύξηση των στερεών συστατικών του γιαουρτιού. Το ποσοστό αποβολής του ορού μπορεί ρυθμιστεί με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη μέθοδο που εφαρμόζεται. Η αύξηση των στερεών μπορεί να επιτευχθεί παρακάμπτοντας το στάδιο της στράγγισης, με την προσυμπύκνωση του γάλατος με μεμβράνες υπερδιήθησης ή την ανασύσταση του γάλακτος στα επιθυμητά στερεά συστατικά, πριν τον εμβολιασμό και τη παραγωγή γιαουρτιού, με μικρές διαφορές στο τελικό προϊόν (Ozer, 2006; Tamime *et al.*, 2014). Η μέθοδοι όμως αυτές, είναι ασύμβατες με τον ορισμό που δίνει ο ΚΤΠ για αυτού του τύπου γιαούρτι και ως εκ τούτου τα προϊόντα που παράγονται με αυτούς τους τρόπους δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως στραγγιστά γιαούρτια.

3.2 Μέθοδοι παρασκευής

3.2.1 Στράγγιση με σάκους

Η μέθοδος βασίζεται στο φιλτράρισμα του πηγματος από κάποιο πορώδες υλικό, το οποίο θα συγκρατεί το πήγμα και θα αφήνει τον ορό να περάσει για αρκετό χρόνο, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή σύσταση. Στην αρχαιότητα αλλά και σήμερα σε μερικά παραδοσιακά ζυμούμενα γαλακτοκομικά προϊόντα στράγγισης χρησιμοποιούνται δέρματα ζώων. Σε βιομηχανική κλίμακα χρησιμοποιούνται υφασμάτινοι σάκοι ποικίλης χωρητικότητας στους οποίους τοποθετείται το γιαούρτι και αφού κρεμαστούν, ο ορός αποβάλλεται με τη βαρύτητα. Είναι δυνατόν, για να αποβληθεί γρηγορότερα ο ορός, να χρησιμοποιηθεί πίεση, συνήθως της τάξης των 2kg/ kg γιαουρτιού. Ο χρόνος στράγγισης μπορεί να ποικίλει συνήθως από 6 ώρες για τη στράγγιση υπό πίεση, μέχρι και τις 16-20 ώρες για την απλή στράγγιση με βαρύτητα ή και παραπάνω, ανάλογα το προϊόν που θα παραχθεί. Παράγοντες όπως τα στερεά συστατικά του αρχικού γάλακτος και η θερμοκρασία στράγγισης είναι δυνατόν να επηρεάσουν το χρόνο στράγγισης, την ποιότητα και την απόδοση του παραγόμενου γιαουρτιού, ενώ η χρήση στελεχών στη καλλιέργεια εκκίνησης τα οποία παράγουν εξωπολυσακχαρίτες μπορεί να αυξήσουν το χρόνο στράγγισης. Σημαντικό ρόλο στην απόδοση του στραγγιστού γιαουρτιού παίζει και η οξύτητα του γιαουρτιού πριν τη στράγγιση, καθώς φαίνεται ότι χαμηλές τιμές οξύτητας αυξάνουν την αποβολή ορού και την απώλεια στερεών συστατικών στον ορό (Kehagias *et. al.*, 1992). Η θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η στράγγιση είναι

συνήθως μικρότερη των 10 °C. Υψηλές θερμοκρασίες στράγγισης αλλά και πολύ υψηλή οξύτητα συνδέονται με τη παραγωγή γιαουρτιού με αυξημένο ιξώδες και ανεπιθύμητη δομή (Ozer, 2006).

3.2.2 Στράγγιση με φυγοκέντριση

Η μέθοδος της στράγγισης με φυγοκέντριση βασίζεται στη χρήση ειδικών φυγοκεντρικών διαχωριστήρων (Nozzle separators) όπου επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των στερεών υλικών από εναιωρήματα και στη περίπτωση του γιαουρτιού, ο διαχωρισμός του πηγματος από τον ορό. Το πήγμα είναι δυνατόν να υποστεί θέρμιση πριν τη φυγοκέντριση έως και για 3 λεπτά στους 50-60 °C ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία αποβολής του ορού. Επίσης πριν τη φυγοκέντριση το πήγμα αναδεύεται έντονα ενώ είναι δυνατόν να περάσει από μεταλλικό πλέγμα ώστε να σπάσουν τυχόν μεγάλα συσσωματώματα. Η θερμοκρασία στην οποία συνήθως πραγματοποιείται η φυγοκέντριση είναι 32-42 °C. Η επεξεργασία του γιαουρτιού με πλήρη λιπαρά ενδέχεται να δημιουργεί επιπλοκές, λόγω της απόφραξης του στομίου του διαχωριστήρα από τα λιποσφαίρια, οπότε και η παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού γίνεται σε δυο στάδια. Στο πρώτο το γιαούρτι προετοιμάζεται από άπαχο γάλα και φυγοκεντρείται και στο δεύτερο αναμειγνύεται με παστεριωμένη κρέμα γάλακτος μέχρι την επιθυμητή λιποπεριεκτικότητα (Ozer, 2006).

3.2.3 Μέθοδος με μεμβράνες υπερδιήθησης

Κατ' αυτή τη μέθοδο η αύξηση των στερεών συστατικών επιτυγχάνεται με τη διήθηση της πρώτης ύλης, υπό πίεση μέσα από ημιπερατές μεμβράνες όπου συγκρατούν συστατικά μεγάλου μοριακού βάρους, ενώ συστατικά μικρότερου μοριακού βάρους όπως το νερό περνάνε στο διήθημα. Το γιαούρτι αναδεύεται ελαφρά ώστε να ομογενοποιηθεί το πήγμα προτού περάσει από το στάδιο της υπερδιήθησης. Η θερμοκρασία του γιαουρτιού κατά την υπερδιήθηση συνήθως κυμαίνεται στους 45-50 °C και η πίεση όχι πάνω από 0,7-0,8MPa ώστε να διευκολύνεται η διαδικασία χωρίς να δημιουργούνται αρνητικές επιπτώσεις στο τελικό προϊόν, ενώ είναι δυνατόν να περάσει αμέσως πριν από ειδικό φίλτρο, το οποίο έχει σκοπό να συγκρατεί να μεγάλα συσσωματώματα. Η διάρκεια της υπερδιήθησης η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται, ρυθμίζεται αναλόγως μέχρι το προϊόν να αποκτήσει την επιθυμητή σύσταση (Ozer, 2006).

3.3 Σύσταση

Η σύσταση του στραγγιστού γιαουρτιού (Πίνακας 3.1), εκτός από τη φύση του γιαουρτιού από το οποίο προήλθε, εξαρτάται και από τη μέθοδο στράγγισης, τη σύσταση και το ποσοστό αποβολής του ορού. Σύμφωνα με τον *Codex Alimentarius* και τον ΚΤΠ πρέπει να

έχει κατ' ελάχιστο 5,6% πρωτεΐνες για το αγελαδινό ή γίδινο γάλα και 8% για το πρόβειο γάλα. Σε περίπτωση μιγμάτων διαφορετικών ειδών γάλακτος η ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες υπολογίζεται με βάση την αναλογία των ειδών γάλακτος. Χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά και πρωτεΐνη σε σχέση με το γιαούρτι από το οποίο προήλθε, αυξημένη οξύτητα και μειωμένη περιεκτικότητα σε λακτόζη εφόσον το μεγαλύτερο μέρος της αποβλήθηκε με τον ορό.

Πίνακας 3.1 Σύσταση και pH κατά την ημερομηνία λήξης στραγγιστού γιαουρτιού εμπορίου από αγελαδινό γάλα, ανάλογα με τη λιποπεριεκτικότητά του (Παναγοπούλου, 2018)

	% Λίπος		
	0-2	5-6	8-10
Πρωτεΐνη	8,67 ± 1,06	8,65 ± 0,92	7,00 ± 0
Υδατάνθρακες	4,06 ± 0,54	3,95 ± 0,21	4,3 ± 0,52
Αλάτι	0,15 ± 0,04	0,11 ± 0,01	0,18
pH	4,54 ± 0,21	4,43	4,58 ± 0,13

Κεφάλαιο 4. Ο ορός του γιαουρτιού

4.1 Ορισμός

Σύμφωνα με τον *Codex Alimentarius*, όξινος ορός είναι το υγρό που συλλέγεται κατά την παρασκευή τυριού, καζεΐνης ή παρόμοιων προϊόντων, με το διαχωρισμό του από το τυρόπηγμα, μετά από την πήξη του γάλακτος ή/και των προϊόντων που προέρχονται από αυτό όταν η διαδικασία της πήξης προέρχεται κυρίως από την πτώση του pH.

Συνεπώς ο ορός του γιαουρτιού, όπως και ορισμένης κατηγορίας τυριών, είναι όξινου τύπου (acid whey) κάτι που οφείλεται στο μειωμένο pH (~3,6-4,3) (Uduwerella *et al.*, 2018), χαρακτηριστικό το οποίο τον διαχωρίζει από τον “γλυκό ορό” (sweet whey), γνωστός και ως τυρόγαλα που προέρχεται από την τυροκόμηση. Συνήθως ο όξινος ορός έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, πρωτεΐνη και λίπος από τον γλυκό ενώ χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και από την απουσία του γλυκομακροπεπτιδίου, προϊόν της δράσης της χυμοσίνης (Macwan *et al.*, 2016).

Πίνακας 4.1 Σύγκριση φυσικοχημικής σύστασης (%) γλυκού και όξινου ορού (Blaschek *et al.*, 2007)

Συστατικό/ pH	Γλυκός ορός (τυρόγαλα)	Όξινος ορός
pH	6.0–6.5	3.5–4.5
Ολική πρωτεΐνη	0.65–0.96	0.37–0.65
Λακτόζη	3.9–4.8	4.2–4.9
Γαλακτικό οξύ	0.05	0.6–0.7

4.2 Σύσταση όξινου ορού

Ο όξινος ορός που προέρχεται από γιαούρτι θεωρείται υποπροϊόν και περιέχει τα υδατοδιαλυτά συστατικά του γάλακτος από το οποίο προήλθε, ως επί το πλείστον λακτόζη, πρωτεΐνες του ορού, ανόργανα άλατα και ποσότητες γαλακτικού και οξικού οξέος (Thivend, 1978) μαζί με ότι άλλα συστατικά συμπαρασύρονται κατά τη στράγγιση. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζεται η σύσταση όξινου ορού προερχόμενου από την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού σε σύγκριση με ορό από την παρασκευή τυριού τύπου Cottage.

Πίνακας 4.2 Μέση σύσταση (mg/g) και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όξινου ορού από στραγγιστό γιαούρτι και τυρί Cottage (Menchik et al., 2018)

Συστατικό	Ορός γιαουρτιού	Ορός τυριού Cottage
Νερό	942,3	930,8
Ολική πρωτεΐνη	1,7 - 3,7	1,7 - 5,1
α _La	0,17 - 0,77	0,22 - 0,71
β _Lg	0 - 0,2	0,830 - 2,11
Λακτόζη	33,3 – 35	19,9 – 21,3
Τέφρα	6,4 – 7,5	3,3 – 4,2
Ασβέστιο	1,2 – 1,28	0,68 – 0,71
Φώσφορος	0,67 – 0,69	0,46 – 0,49
pH	4,21 – 4,48	4,35 – 4,41
BOD	45,8 – 50,5	32,7 - 40
COD	52,4 – 64,4	31,9 – 40

4.3 Επεξεργασία και αξιοποίηση όξινου ορού

Η απόδοση του στραγγιστού γιαουρτιού είναι περίπου 33%. Συνεπώς τα υπόλοιπα 2/3 του αρχικού όγκου του γάλατος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή γιαουρτιού και το 55% των συστατικών του καταλήγει ως όξινος ορός (Arfa Foods, 2016; Chanfrau, 2017). Λόγω των οργανικών ουσιών που περιέχει, όταν αποβάλλεται στο περιβάλλον προκαλεί σοβαρή ρύπανση. Η ρύπανση αυτή αφορά κυρίως τα υδάτινα οικοσυστήματα στα οποία αποβάλλεται και όπως και στα απόβλητα των βιομηχανιών, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας του από μικροοργανισμούς. Κατά τη διάσπαση της οργανικής ουσίας του ορού δεσμεύεται οξυγόνο που όμως σε ένα υδάτινο οικοσύστημα είναι περιορισμένο. Συνεπώς, μειώνεται η συγκέντρωση του στο νερό και η διαθεσιμότητα του για τους υπόλοιπους υδρόβιους οργανισμούς επηρεάζοντάς τους δυσμενώς, ενώ σε ακραίες περιπτώσεις προκαλεί το θάνατό τους. Επιπλέον, εάν το οξυγόνο καταναλωθεί ή για

οποιοδήποτε λόγο εκλείπει, τότε η αποικοδόμηση πραγματοποιείται κάτω από αναερόβιες συνθήκες, παράγοντας επιβλαβή προϊόντα όπως H_2S , NH_3 , CH_4 τα οποία επιτείνουν το πρόβλημα (Delzer & McKenzie, 2003). Το μολυσματικό φορτίο των αποβλήτων εκτιμάται με διάφορους δείκτες ένας εκ των κυριότερων είναι το BOD_5 . Το BOD (**B**iochemical **O**xxygen **D**emand) ή βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, είναι το οξυγόνο που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων των αποβλήτων υπό ορισμένες συνθήκες. Το BOD μετριέται πειραματικά για συγκεκριμένα απόβλητα και αυξάνεται αρχικά συναρτήσει του χρόνου. Όσο περισσότερο εκτίθενται τα απόβλητα στους μικροοργανισμούς τόσο μεγαλύτερο μέρος τους θα διασπάται, με τις τιμές τις πρώτες μέρες να έχουν υψηλότερο ρυθμό διάσπασης, ενώ αργότερα και όταν τα εύκολα αποικοδομήσιμα υλικά έχουν οξειδωθεί ή ενσωματωθεί στους μικροοργανισμούς, μειώνεται (Delzer & McKenzie, 1999). Η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη πλήρη διάσπαση μπορεί να εκτιμηθεί και με άλλους τρόπους (**ThOD**, **COD**) όμως διαφέρει από την αληθή, λόγω του ότι στη πράξη δεν οξειδώνεται όλη η οργανική ύλη. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται το BOD_5 , δηλαδή η τιμή των 5 πρώτων ημερών, καθώς στις 5 πρώτες ημέρες ένα μεγάλο ποσοστό των οργανικών ουσιών έχει ήδη αποικοδομηθεί ενώ οι μετρήσεις εμπεριέχουν μόνο τη ποσότητα που οξειδώθηκε. Η διοχέτευση του ορού στα υδάτινα οικοσυστήματα καθιστά τον όξινο ορό ένα εξαιρετικά ρυπογόνο παράγοντα. Οι τιμές BOD_5 για τον ορό είναι πάνω από 30000-mg/l. Σε σύγκριση με άλλα απόβλητα, όπως τα αστικά λύματα που έχουν 100-400 mg/l και απόβλητα γαλακτοκομικών μονάδων που κυμαίνονται στα 2000-3000 mg/l, ο ορός γιαουρτιού έχει πολύ υψηλές τιμές BOD_5 (Πίνακας 4.2), ενώ το χαμηλό pH τον καθιστά ακόμα πιο ρυπογόνο. Μια τυροκομική μονάδα με δυναμικότητα 100.000 λίτρων την ημέρα, θα παράγει απόβλητα που ισοδυναμούν σε μια πόλη 60.000 κατοίκων (Thivend, 1978). Αυτό σε συνδυασμό με την όλο και αυξανόμενη ζήτηση στραγγιστού γιαουρτιού τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα, δημιουργεί προβλήματα διάθεσης του ορού από μονάδες παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού, καθώς η απόρριψη του στο περιβάλλον θα προκαλούσε σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Ο όξινος ορός μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιος, μετά από επεξεργασία ή και ως πρώτη ύλη για την απομόνωση των αξιοποιήσιμων από τη βιομηχανία συστατικών του. Οι πρωτεΐνες, η λακτόζη και τα ιχνοστοιχεία είναι συστατικά υψηλής βιολογικής αξίας που βρίσκουν εφαρμογή όχι μόνο στη βιομηχανία τροφίμων αλλά και σε πολλούς άλλους τομείς. Τα προϊόντα που προέρχονται από τον ορό, παράγονται μετά από την εφαρμογή μιας ή περισσότερων τεχνικών και μπορεί να περιέχουν όλα τα συστατικά του ή κάποια από αυτά. Λόγω της ιδιαίτερης φύσης του και ανάλογα με την επεξεργασία που θα υποστεί, ο όξινος ορός ενδέχεται να παρουσιάζει προβλήματα κατά την επεξεργασία του. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε γαλακτικό οξύ μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές κατά τη μετατροπή του σε

σκόνη (συσσωμάτωση) (Chandrapala *et al.*, 2015) ενώ κατά τη μείωση της υγρασίας του λόγω των κρυστάλλων της λακτόζης που σχηματίζονται, ενδέχεται να παρουσιάζει προβλήματα στο χειρισμό του. Παράλληλα, λόγω της ύπαρξης των θερμοευαίσθητων πρωτεϊνών, η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών κατά την επεξεργασία μπορεί να υποβαθμίσει το τελικό προϊόν (Tsakali *et al.*, 2010). Το χαμηλό pH και η υψηλή περιεκτικότητα σε ιχνοστοιχεία μπορεί να αποτελεί πρόβλημα σε ορισμένες εφαρμογές τροφίμων λόγω της γεύσης που προσδίδει στα προϊόντα (Macwan *et al.*, 2016).

Η πιο απλή επεξεργασία του ορού είναι η μείωση της υγρασίας του. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως σε εξατμιστήρες κενού όπου παραλαμβάνεται συμπυκνωμένος ορός, ενώ η περαιτέρω μείωση της υγρασίας πραγματοποιείται σε διάφορους τύπους ξηραντήρων όπου παράγεται ορός σε σκόνη. Μείωση της υγρασίας μπορεί να επιτευχθεί και με την τεχνική της αντιστροφής όσμωσης ή με τη χρήση μεμβρανών, η οποία είναι αρκετά διαδεδομένη στην επεξεργασία του ορού. Με τη χρήση μεμβρανών είναι δυνατόν να απομονωθούν οι πρωτεΐνες του ορού. Η μικροδιήθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση του λίπους και τη μείωση του μικροβιακού φορτίου από τον ορό, συχνά πριν οποιαδήποτε άλλη επεξεργασία. Η υπερδιήθηση εφαρμόζεται για το διαχωρισμό των πρωτεϊνών (κατακράτημα) από τη λακτόζη και τα ιχνοστοιχεία (διήθημα), ενώ σε συνδυασμό με τη διαδιήθηση μπορεί να παραληφθούν πρωτεΐνες του ορού με πολύ μικρά ποσοστά προσμίξεων. Η περαιτέρω μείωση της υγρασίας του κατακρατήματος δίνει ως προϊόντα συμπυκνωμένες πρωτεΐνες ορού (WPC). Η παραγωγή ακόμα πιο καθαρής πρωτεΐνης ορού (WPI) μπορεί να πραγματοποιηθεί με την απομάκρυνση των ιχνοστοιχείων μέσω των μεθόδων της νανοδιήθησης, της ιοντοανταλλαγής ή της ηλεκτροδιάλυσης. Το κλάσμα πρωτεΐνης (WPF) ορού είναι ένα πρωτεϊνικό προϊόν με υψηλή περιεκτικότητα σε κάποια ή κάποιες συγκεκριμένες πρωτεΐνες. Με τη χρήση της χρωματογραφίας ιοντοανταλλαγής αλλά και άλλων τεχνικών (CGAs, MI, κ.α) είναι δυνατή η λήψη συγκεκριμένων πρωτεϊνών από τον ορό, χωρίς την απώλεια της βιολογικής δραστηριότητάς τους (Tsakali *et al.*, 2010; Zadow, 2003).

Η λακτόζη μπορεί να απομονωθεί συνήθως μετά την απομάκρυνση των πρωτεϊνών με υπερδιήθηση (διήθημα). Αφού συμπυκνωθεί, κρυσταλλώνεται και οι κρύσταλλοι της απομονώνονται με φυγοκέντρηση. Η λακτόζη μπορεί επίσης να απομονωθεί και με τη χρήση συμβατικών μεθόδων (Tsakali *et al.*, 2010; Zadow, 2003), ενώ είναι δυνατή και η υδρόλυση της πριν ή μετά την απομόνωση της από τον ορό, προς παραγωγή των αντίστοιχων τύπων σιροπιού, αφού πρώτα συμπυκνωθεί (Macwan *et al.*, 2016). Το γαλακτικό οξύ είναι δυνατόν να απομακρυνθεί από τον όξινο ορό έως ένα ποσοστό, με τη χρήση μεμβρανών νανοδιήθησης και της ηλεκτροδιάλυσης (Chandrapala, 2015; Bedas *et al.*, 2017; Chen, 2016).

Πίνακας 4.3: Μέγιστα όρια σύστασης (%) σκόνης όξινου ορού (πηγή: *Codex Alimentarius*)

Συστατικό	Μέγιστη περιεκτικότητα (%)
Λακτόζη	61
Πρωτεΐνη	>7
Λιπαρά	2
Νερό	<4,5
Τεφρά	<15
pH (10% διάλυμα)	<5,1

Από την αρχαιότητα ο ορός χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή εξαιρετης ποιότητας για παραγωγικά ζώα. Κτηνοτροφικές μονάδες που βρίσκονται κοντά σε μονάδες παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων, συχνά εντάσσουν τον ορό στη διατροφή των ζώων, αντικαθιστώντας μέρος του σιτηρεσίου μονογαστρικών ή μηρυκαστικών (Schingoethe, 1975). Συνήθως δίνεται σε υγρή μορφή, αλλά είναι δυνατόν να χορηγηθεί σε συμπυκνωμένη ή σε μορφή σκόνης μετά από ενσωμάτωσή στο συμπυκνωμένο σιτηρέσιο (Thivend, 1978). Ο ορός γιαουρτιού και ο γλυκός ορός τυρογάλακτος μπορεί επίσης να προστεθεί στο ενσίρωμα και να αυξήσει τη διατροφική αξία φτηνών χονδροειδών ζωοτρόφων (ZoBell & Burell, 2002; Schingoethe, 1975). Η χρήση του όμως ως ζωοτροφή δεν απορροφά παρά μέρος της παραγόμενης ποσότητας. Μέρος του παραγόμενου ορού χρησιμοποιείται και ως λίπασμα σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Λόγω των ιχνοστοιχείων που περιέχει και σε συνδυασμό με τις ποσότητες που παράγεται μπορεί να αποτελέσει φτηνό και αποτελεσματικό λίπασμα, βελτιώνοντας τη γονιμότητα και την πορώδη δομή του εδάφους. Διασπείρεται συνήθως με ψεκασμό και σε ουδέτερα έως και αλκαλικά εδάφη σε ποσότητες όχι μεγαλύτερες των 45-90tn/acre ώστε να αποφευχθεί η έκπλυση και η ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών (Macwan *et al.*, 2016).

Ο ορός και τα προϊόντα του, βρίσκουν πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων και κυρίως στη βιομηχανία του κρέατος, των αλλαντικών και των γαλακτοκομικών προϊόντων, σε παρασκευάσματα όπως σάλτσες και επιδόρπια, σε βρεφικές τροφές, στη ζαχαροπλαστική και για την παρασκευή προϊόντων που απευθύνονται σε ομάδες με ιδιαίτερες διατροφικές προτιμήσεις (χαμηλά λιπαρά, συμπληρώματα, εμπλουτισμένα με ιχνοστοιχεία κ.α. (De Wit,

2001; Królczyk *et. al.*, 2015). Επίσης έχει μελετηθεί η χρήση του κατά την προετοιμασία και ωρίμανση του κρέατος λόγω της ικανότητας διατήρησης του κόκκινου του χρώματος αλλά και κατά την παραγωγή αλλαντικών και ιχθυοσκευασμάτων πλούσια σε λίπος, ως πρόσθετο με αντιοξειδωτική δράση (Wójciak *et. al.*, 2015; Królczyk *et. al.*, 2015)

Οι συμπυκνωμένες πρωτεΐνες του ορού (WPC) αξιοποιούνται γενικά από τη βιομηχανία τροφίμων λόγω της πληθώρας ιδιοτήτων που παρουσιάζουν υπό συγκεκριμένες συνθήκες αλλά και της υψηλής διατροφικής αξίας λόγω της αξιόλογης περιεκτικότητας του σε απαραίτητα αμινοξέα. Συχνά χρησιμοποιούνται προς υποκατάσταση των πρωτεϊνών σόγιας, μερικής αντικατάστασης πρωτεϊνών κρέατος, αυγού, άπαχου γάλατος, του τροποποιημένου αμύλου αλλά και άλλων πρόσθετων. Λόγω των ιδιοτήτων τους χρησιμοποιούνται ως βελτιωτικά της ΙΣΥ ενώ μπορούν έως ένα βαθμό να μιμηθούν και να υποκαταστήσουν σε ορισμένες εφαρμογές τα λίπη, τα υδροκολλοειδή, τον κρόκο αυγού αλλά και ως γαλακτωματοποιητές. Οι πρωτεΐνες του ορού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προστατευτική επικάλυψη για τρόφιμα αλλά και για ευαίσθητα συστατικά τροφίμων (Królczyk *et. al.*, 2015).

Η λακτόζη του ορού σε μερικές εφαρμογές, μπορεί να υποκαταστήσει τη ζάχαρη ως ένα βαθμό, ενώ η συνεισφορά της στην αντίδραση Maillard είναι επιθυμητή σε ορισμένα παρασκευάσματα. Αξιοσημείωτη είναι η χρήση (διηθήματος) ορού πλούσιου σε λακτόζη για παραγωγή αλκοολούχων ποτών και αναψυκτικών (De Wit, 2001; Królczyk *et. al.*, 2015). Στη φαρμακοβιομηχανία η λακτόζη χρησιμοποιείται ως έκδοχο για φάρμακα αλλά και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή φαρμακευτικών ουσιών (De Wit, 2001).

Το γαλακτικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας τροφίμων και της φαρμακοβιομηχανίας συμπεριλαμβανομένης και της παραγωγής PLA (πολυγαλακτικό οξύ) ενός βιοδιασπώμενου πολυμερούς που υποκαθιστά άλλα πολυμερή, τα οποία συντίθενται έχοντας ως βάση το πετρέλαιο. Ο ορός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα για την περαιτέρω ζύμωση, υπό ελεγχόμενες συνθήκες και παραγωγή γαλακτικού οξέος (Alonso *et al.*, 2010). Τέλος, ο όξινος ορός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για τη τροφοδοσία βιοαντιδραστήρων με τελικά προϊόντα, μεθάνιο, αιθανόλη, μικροβιακή πρωτεΐνη κ.α. (Chanfrau, 2017; Erickson, 2017).

ΜΕΡΟΣ Β: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

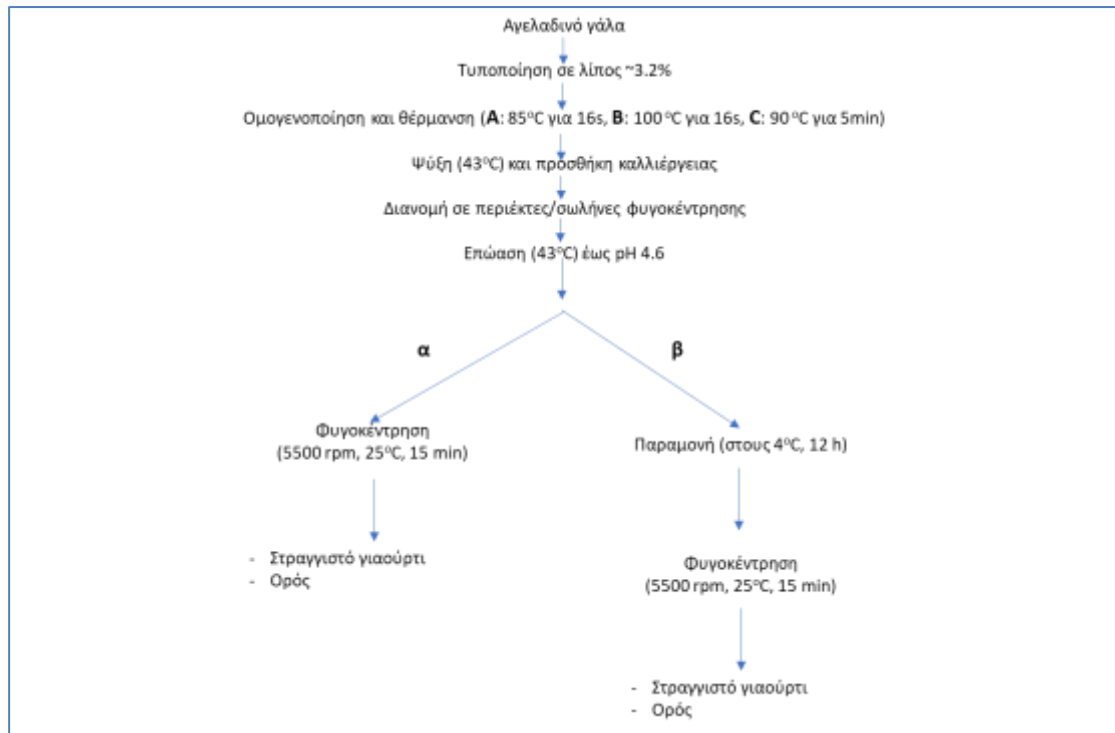
Κεφάλαιο 5. Υλικά και Μέθοδοι

Σκοπός του πειράματος

Σκοπός του πειράματος ήταν σε πρώτη φάση να μελετηθεί η επίδραση της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος και του σταδίου της στράγγισης στα χαρακτηριστικά του παραγόμενου γιαουρτιού και του αντίστοιχου ορού, ενώ σε δεύτερη φάση να μελετηθεί η επίδραση της λιποπεριεκτικότητας και του τρόπου στράγγισης.

5.1 Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από γάλα διαφορετικής θερμικής επεξεργασίας και σε διαφορετικό χρόνο στράγγισης

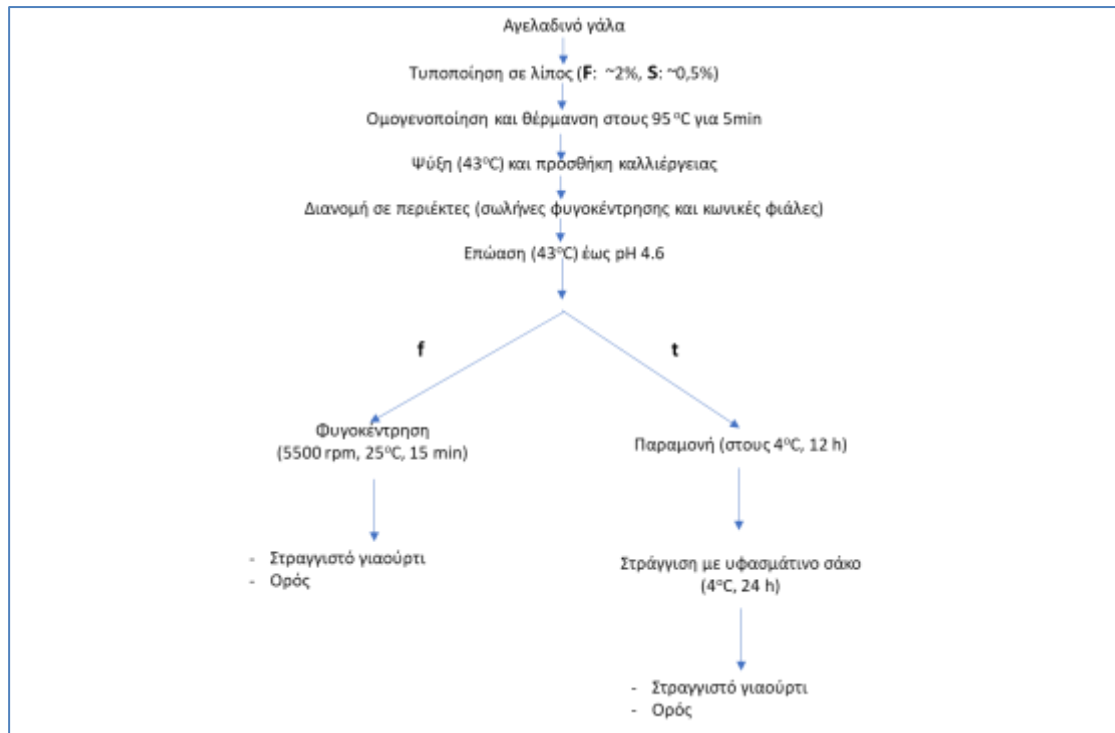
Για την παραγωγή του γιαουρτιού συλλέχθηκε αγελαδινό γάλα από το βουστάσιο του ΓΠΑ. Το γάλα τυποποιήθηκε σε λιποπεριεκτικότητα 3,2% και στη συνέχεια ομογενοποιήθηκε και θερμάνθηκε σε διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας/χρόνου σε πιλοτικό σύστημα ομογενοποίησης/θέρμανσης του γάλακτος HTST/UHT System HT220 (OMVE) εφοδιασμένο σε up stream διάταξη με ομογενοποιό Homogeniser HP 202 (GEA, OMVE). Η θέρμανση έγινε με σωληνωτό εναλλάκτη θερμότητας στις εξής συνθήκες: α) στους 85°C για 16s (γάλα Α, γιαούρτι Α) και β) στους 100 °C για 16s (γάλα Β, γιαούρτι Β). Επίσης θερμάνθηκε ομογενοποιημένο γάλα με ανοικτή διαδικασία σε μεταλλικό bain marie δοχείο στους 90 °C για 5min (γάλα C, γιαούρτι C). Η παρασκευή του γιαουρτιού έγινε σύμφωνα με το διάγραμμα που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.1 Το εμβόλιο παρασκευάστηκε από λυοφιλωμένη καλλιέργεια (Danisko, Yo-Mix 401) αραιωμένη σε γάλα της αντίστοιχης θερμικής επεξεργασίας σε αναλογία 1,4g 100ml⁻¹ γάλακτος. Στο θερμασμένο και ψυγμένο στους 43°C γάλα προστέθηκε η καλλιέργεια εκκίνησης σε αναλογία 1ml 100ml⁻¹ και αμέσως το εμβολιασμένο γάλα διανεμήθηκε ανά 40g σε αποστειρωμένους σωλήνες φυγοκέντρησης (περιέκτες γιαουρτιού) των 50ml. Στη συνέχεια οι περιέκτες επώαστηκαν σε θάλαμο στους 43 °C, έως την πτώση του pH στο 4,6. Στη συνέχεια οι μισοί σωλήνες φυγοκέντρησης (α) φυγοκεντρήθηκαν στις 5.500 rpm στους 25°C για 15min ώστε να αποβληθεί ο ορός και οι άλλοι μισοί (β) αποθηκεύτηκαν στους 4°C ώστε να φυγοκεντρηθούν την επόμενη ημέρα στις ίδιες συνθήκες. Πριν τη φυγοκέντρηση, όλοι οι σωλήνες φυγοκέντρησης αναδεύτηκαν μηχανικά ώστε να σπάσει το πήγμα. Ο ορός συλλέχθηκε, ζυγίστηκε, διηθήθηκε από απλό ηθμό για την απομάκρυνση τυχόν μεγάλων σωματιδίων και καταψύχθηκε για περεταίρω ανάλυση, ενώ το στραγγιστό γιαούρτι αποθηκεύτηκε σε θερμοκρασία 4°C για 30 ημέρες.



Εικόνα 5.1 Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού με γάλα διαφορετικής θερμικής επεξεργασίας και διαφορετικό στάδιο στράγγισης

5.2 Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από γάλα διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας και με διαφορετική μέθοδο στράγγισης

Για την παραγωγή γιαουρτιού το αγελαδινό γάλα αποκορυφώθηκε και ακολούθως τυποποιήθηκε ως προς δύο λιποπεριεκτικότητες: α) με λιποπεριεκτικότητα ~2% (γάλα F) και β) με λιποπεριεκτικότητα ~0,5% (γάλα S). Το γάλα θερμάνθηκε με ασυνεχή διαδικασία στους 95° C για 5 min, και η καλλιέργεια που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ίδια με αυτή του πρώτου πειράματος (ενότητα 5.1). Η στράγγιση και για τους δύο τύπους γιαουρτιού έγινε με δύο μεθόδους, α) με φυγοκέντρηση στις 5.500 rpm στους 25°C για 15min (γιαούρτια Ff και Sf) και β) παραδοσιακά με στράγγιση μέσα σε υφασμάτινο σάκο για 24h στους 4°C (γιαούρτια Ft και St). Η διαδικασία παρασκευής παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.2. Οι οροί συλλέχτηκαν, ζυγίστηκαν και καταψύχτηκαν σε θερμοκρασία -21 °C για περαιτέρω αναλύσεις, ενώ τα γιαούρτια αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 4°C για 30 ημέρες.



Εικόνα 5.2 Παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού με γάλα διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας και διαφορετικό τρόπο στράγγισης

5.3 Φυσικοχημικές αναλύσεις

5.3.1 Προσδιορισμός pH και οξύτητας

Οι μετρήσεις του pH όλων των δειγμάτων έγιναν με ηλεκτρονικό πεχάμετρο WTW multi 3420. Ο προσδιορισμός της οξύτητας του ορού έγινε με τιτλοδότηση ποσότητας 10 ml, με διάλυμα NaOH N/9 και προσθήκη 1-2 σταγόνων δείκτη φαινοθαλεΐνης, ενώ η τιτλοδότηση σε δείγματα στραγγιστού γιαουρτιού πραγματοποιήθηκε μετά από αραίωση με ίση ποσότητα (10 ml) απιονισμένου H₂O.

5.3.2 Προσδιορισμός της σύστασης με υπέρυθη φασματοσκοπία

Η προσδιορισμός της σύστασης στο γάλα και τους ορούς έγινε με τη χρήση Milkoscan (Foss Electric), ενώ των γιαουρτιών, αρχικών και στραγγιστών, έγινε με τη χρήση Foodscan (Foss Electric). Όλες οι αναλύσεις έγιναν την επόμενη ημέρα από τη παραγωγή των γιαουρτιών και του ορού.

5.3.3 Προσδιορισμός της τέφρας

Ο προσδιορισμός της τέφρας στο γιαούρτι και στον ορό έγινε με αποτέφρωση δειγμάτων στους 550 °C για 5,5 ώρες. Η ανάλυση έγινε εις τριπλούν. Η τέφρα στη συνέχεια συλλέχθηκε σε φιαλίδια για τον προσδιορισμό των κύριων ανόργανων στοιχείων.

5.3.4 Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων

Ο προσδιορισμός των ανόργανων στοιχείων Ca, K, Na, Mg στα δείγματα γιαουρτιού και όξινου ορού πραγματοποιήθηκε με φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης με φλόγα Atomic Absorption Spectrometer AAS-6800 (Shimadzu Corporation, Kuoto, Japan) σύμφωνα με τη μέθοδο της IDF (IDF standard 119, 2007).

Ο προσδιορισμός του φωσφόρου έγινε σύμφωνα με τη φωτομετρική μέθοδο της IDF (IDF standard 42, 2006) με χρήση του φωτόμετρου Lambda 20 (Perkin Elmer).

5.3.5 Προσδιορισμός των σακχάρων και του γαλακτικού οξέος

Ο προσδιορισμός των σακχάρων και των οργανικών οξέων στα δείγματα του γιαουρτιού και του όξινου ορού έγινε με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης με ανιχνευτή δείκτη διάθλασης (HPLC - RI). Η προετοιμασία των δειγμάτων των γιαουρτιών έγινε ως εξής: Δείγμα γιαουρτιού (5 g) αναμίχθηκε με 20 ml διαλύματος A (0.7% sodium tungstate dehydrate, 0.01% orthophosphate, 7% Sulfuric acid 1N) μέσα σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml και κατόπιν προστέθηκε υπερκάθαρο νερό μέχρι τον τελικό όγκο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε διήθηση μέσω φίλτρου (Whatman No 40). Ακολούθως σε 1 ml διηθήματος θημα σε erpendorf προστέθηκαν 100 μl 70% HClO₄⁻. Το δείγμα παρέμεινε στους 4°C για 24h και ακολούθησε φυγοκέντριση (12500 rpm για 60 min στους 4°C). Το υπερκείμενο υγρό διηθήθηκε μέσω φίλτρου σύριγγας 0.22 μm και αναλύθηκε στην HPLC.

Η προετοιμασία των δειγμάτων του όξινου ορού του γιαουρτιού έγινε ως εξής: 3ml ορού μαζί με 7ml υπερκάθαρου H₂O φυγοκεντρήθηκαν (12.500 rpm, 4 °C, 30min) ώστε να γίνει καθίζηση των πρωτεϊνών. Ακολούθως, σε 1 ml από το υπερκείμενο υγρό προστέθηκαν 100 μl 70% HClO₄⁻ όπου μετά από παραμονή στους 4°C για 24h πραγματοποιήθηκε φυγοκέντριση (12500 rpm για 60 min στους 4°C). Το υπερκείμενο υγρό πριν την ανάλυσή του διηθήθηκε μέσω φίλτρου σύριγγας 0.22 μm (Whatman PVDF).

Η ανάλυση των προετοιμασμένων δειγμάτων έγινε σε σύστημα HPLC Perkin Elmer, Flexar εφοδιασμένο με αυτόματο δειγματολήπτη, φούρνο και ανιχνευτής δείκτη διάθλασης. Η έκλουση 20 μL δείγματος έγινε ισοκρατικά με κινητή φάση 5 mM H₂SO₄ υπό σταθερή θερμοκρασία 35°C και ταχύτητα ροής 0,5mL/min μέσα από στήλη Aminex HPX-87H (300

mm x7,8 mm). Τα αποτελέσματα συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν με το λογισμικό (CHROMERA[®]) και για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συστατικών ουσιών χρησιμοποιήθηκαν πρότυπες καμπύλες αναφοράς.

5.3.6 Προσδιορισμός πρωτεϊνών του ορού με RP-HPLC

Ο προσδιορισμός των πρωτεϊνών των δειγμάτων του όξινου ορού έγινε με RP-HPLC, σύμφωνα με την μέθοδο των Moatsou *et. al.* (2005). Για την ανάλυση, τα δείγματα των ορών αραιώθηκαν (1:1) με διαλύτη A και διηθήθηκαν από φίλτρο σύριγγας 0,45 μm (Whatman PVDF). Χρησιμοποιήθηκε στήλη Vydac C4 214 TP 515 και σύστημα HPLC Waters (αντλίας Waters 600, αυτόματος δειγματολήπτης WatersTM 717plus, ανιχνευτής συστοιχίας φωτοδιόδων Waters 996, λογισμικό Millennium 32 και απαέρωση με έγχυση ηλίου). Η ταχύτητα ροής ήταν 1 mL/min και η καταγραφή του εκλούσματος γινόταν στα 214 nm-80 μL φιλτραρισμένου δείγματος. Ο διαλύτης A αποτελούνταν από 0,1% Τριφθοροξικό οξύ (TFA) σε υπερκάθαρο νερό και ο διαλύτης B από 0,1% TFA σε διάλυμα ακετονιτριλίου-υπερκάθαρου νερού 80:20.

Αρχικά γινόταν εξισορρόπηση της στήλης με 73% A/27% B και ροή 1 mL/min για 10 min. Η έκλουση του δείγματος ήταν βαθμιδωτή και η διάρκειά της ήταν 75 min για κάθε δείγμα, με ταυτόχρονη απαέρωση των διαλυτών με ήλιο σε ροή 20 mL/min καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Η βαθμιδωτή έκλουση ήταν ως εξής: 0-15 min: 27-40% B, 15-55 min: 40-56% B, 55-57 min: 56-80% B, 57-60 min: 80% B, 60-62 min: 27% B. Τέλος, ακολουθούσε ένα διάστημα 13 min κατά το οποίο εφαρμόζονταν οι αρχικές συνθήκες έκλουσης, προκειμένου στα 75 min να ξεκινήσει η ανάλυση του επόμενου δείγματος. Οι αναλύσεις έγιναν εις διπλούν και σε τακτά χρονικά διαστήματα (ανά 8 ενέσεις) γινόταν λευκοί προσδιορισμοί για τον έλεγχο φαινομένων carry-over.

Μετά την ανάλυση ελήφθησαν τα χρωματογραφήματα και έγινε υπολογισμός της επιφάνειας (area) των κορυφών που εκλούστηκαν σε χρόνους έκλουσης 39-40,00 min και 50-52,00 min που αντιστοιχούσαν στην α-γαλακτοαλβουμίνη και β-γαλακτογλοβουλίνη. Η αξιολόγηση της μετουσίωσης των πρωτεϊνών του ορού από την επίδραση της θερμικής επεξεργασίας, υπολογίστηκε με βάση την % μεταβολή της επιφάνειας των κορυφών στο χρωματογράφημα σε σχέση με την ηπιότερη σε ένταση θερμική επεξεργασία (δείγμα A).

5.3.7 Οργανοληπτική αξιολόγηση

Η επίδραση της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος και του σταδίου στράγγισης στην παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού αξιολογήθηκε οργανοληπτικά από ομάδα δοκιμαστών

του Εργαστηρίου Γαλακτοκομίας με βάση το φύλλο οργανοληπτικού ελέγχου που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.3.

5.3.8 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η επίδραση της θερμικής επεξεργασίας, του σταδίου στράγγισης, της λιποπεριεκτικότητας και της μεθόδου στράγγισης στα χαρακτηριστικά του στραγγιστού γιαουρτιού αλλά και του όξινου ορού ελέγχθηκε με τη μέθοδο της ανάλυσης παραλλακτικότητας (Analysis of Variance, ANOVA). Οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές όταν η τιμή P του F-test ήταν $<0,05$ ($P<0,05$). Η διερεύνηση των στατιστικά σημαντικών διαφορών έγινε με την μέθοδο Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD, $P<0,05$).

**ΦΥΛΛΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ**

Ημερομηνία:

Όνομα δοκιμαστή:

Παρακαλούμε, αξιολογήστε τα κάτωθι χαρακτηριστικά δειγμάτων ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΟΥ γιαουρτιού από ΑΓΕΛΛΑΔΙΝΟ γάλα όπως τα αντιλαμβάνεστε π.χ. λίγο ή πολύ άρωμα, μικρή ή μεγάλη οξύτητα, βαθμολογώντας σε κλίμακα από 0 έως 10 αντίστοιχα.

Χαρακτηριστικό	Βαθμολογία (0-10)		
	A	B	C
Εμφάνιση			
Ανεπιθύμητη οσμή			
Λευκό χρώμα			
Ιξώδες			
Παρουσία πηγμάτων			
Γεύση			
Άρωμα			
Οξύτητα			

Σχόλια:

Εικόνα 5.3 Φύλλο οργανοληπτικού ελέγχου στραγγιστού γιαουρτιού

Κεφάλαιο 6. Αποτελέσματα και Συζήτηση

6.1 Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος και του σταδίου στράγγισης

6.1.1. Σύσταση γάλακτος και αρχικών γιαουρτιών

Η μέση σύσταση των γαλάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρασκευή των γιαουρτιών παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.1. Παρατηρούμε ότι το γάλα C είχε υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη και συνεπώς σε ολικά στερεά γεγονός που αποδίδεται στην ελαφρά συμπίκνωση που ενδεχομένως υπέστη το γάλα αυτό κατά τη θέρμανσή του με ανοικτή διαδικασία στους 90°C για 5 min.

Πίνακας 6.1: Μέση σύσταση (%) θερμικά επεξεργασμένου αγελαδινού γάλακτος στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

Γάλα	Λίπος	Πρωτεΐνη	Λακτόζη	Σ.Υ.	Σ.Υ.Α.Λ.
A	3,37±0,21	3,18±0,05 ^{a*}	4,61±0,08 ^a	11,91±0,35	8,48±0,13 ^a
B	3,37±0,23	3,17±0,07 ^a	4,61±0,08 ^a	11,90±0,37	8,47±0,13 ^a
C	3,52±0,18	3,33±0,05 ^b	4,84±0,07 ^b	12,43±0,21	8,86±0,12 ^b

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Όσον αφορά τα παραγόμενα γιαούρτια, το γιαούρτι με την ασυνεχή θερμική επεξεργασία (C) είχε σημαντικά (P<0,05) περισσότερα στερεά συστατικά όπως ήταν φυσικό αφού το γάλα από το οποίο προήλθε είχε επίσης αυξημένα στερεά, ενώ και οι τρεις τύποι A, B και C διέφεραν μεταξύ τους σημαντικά και ως προς τη οξύτητα. Το τελευταίο αποδίδεται στη διαφορετική πρωτεΐνοπεριεκτικότητά τους.

Πίνακας 6.2 Μέση σύσταση (%), pH και οξύτητα γιαουρτιών 1 ημέρας, που παρασκευάστηκαν από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

Γιαούρτι	Λίπος	Πρωτεΐνη	Ολικά στερεά	pH	Οξύτητα
A	3,39±0,06	3,20±0,00	11,75±0,08 ^{a*}	4,23±0,04	0,73±0,00 ^a
B	3,29±0,25	3,30±0,01	11,89±0,16 ^a	4,21±0,08	0,70±0,00 ^b
C	3,68±0,05	3,29±0,18	12,33±0,13 ^b	4,31±0,01	0,83±0,01 ^c

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

6.1.2 Σύσταση των στραγγιστών γιαουρτιών

Γενικά κατά την παρασκευή των στραγγιστών γιαουρτιών με απομάκρυνση του ορού με φυγοκέντρηση, παρατηρήθηκε μια σταδιακή μείωση της αποβολής του ορού από τη λιγότερο έντονη θερμική επεξεργασία προς την εντονότερη (Πίνακας 6.3). Συγκεκριμένα το γιαούρτι A απέδωσε σημαντικά (P<0,05) περισσότερο ορό από το B και αυτό με τη σειρά του από το C και στους 2 χρόνους φυγοκέντρησης. Η θερμική επεξεργασία στο γάλα, προκαλεί σημαντικές φυσικοχημικές μεταβολές, κυρίως στο κλάσμα των πρωτεϊνών, οι οποίες οδηγούν σε σχηματισμό σταθερότερου πήγματος και σε βελτίωση της ικανότητας συγκράτησης της υγρασίας (Robinson *et al.*, 2006). Συνεπώς, η μειωμένη αποβολή ορού στα γιαούρτια που προήλθαν από γάλα με την ασυνεχή θερμική επεξεργασία (C) οφείλεται στο σταθερότερο πήγμα που σχηματίστηκε λόγω μετουσίωσης των πρωτεϊνών του ορού και κυρίως της β-γαλακτοαλβουμίνης (β-Lg) (Πίνακας 6.13), το οποίο και συγκράτησε περισσότερο ορό. Ειδικά για το γιαούρτι C, τα αυξημένα ολικά στερεά του γάλακτος από το οποίο προήλθε αλλά και το χαμηλότερο pH του γιαουρτιού (Πίνακας 6.5) ενδέχεται να συνέβαλλαν επίσης στη σταθερότερη δομή και ως εκ τούτου, στη κατακράτηση περισσότερου ορού από το πήγμα. Σύμφωνα με τους Kehagias *et al.*, (1992), η περιεκτικότητα του στραγγιστού γιαουρτιού σε στερεά συστατικά αλλά και η σκληρότητά του είναι μεγαλύτερη σε pH 4.3-4.1.

Πίνακας 6.3 Απομάκρυνση ορού (% κ.β.) από γιαούρτια παρασκευασμένα από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C); αμέσως μετά την επώαση (α) και μετά από 24 ώρες (β) (mean ± SD, n=3)

Γιαούρτι	α	β	P (A, B, C)
A	73,25±1,90 ^{a*}	69,85±1,45 ^d	0.0002
B	69,88±0,34 ^b	67,04±1,03 ^e	
C	65,45±2,29 ^c	64,24±1,13 ^f	
P (a, b)	0.0086		

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη ή σειρά με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ($P<0.05$)

Όσον αφορά το χρόνο φυγοκέντρωσης, συνήθης πρακτική στη βιομηχανία είναι η απομάκρυνση του ορού, δηλαδή η στράγγιση, να γίνεται αμέσως μετά την επώαση. Στην παρούσα εργασία παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντικά μειωμένη αποβολή ορού κατά τη φυγοκέντρωση μετά από 24 ώρες (β) σε σχέση με την άμεση φυγοκέντρωση (α) σε όλα τα δείγματα. Αυτό οφείλεται στην πτώση του pH μεταξύ του χρόνου που μεσολάβησε από το τέλος της επώασης, pH 4.6 έως την επομένη, γιαούρτια 1 ημέρας με pH 4.2-4.3. Γενικά έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει μία ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του pH στο τέλος της επώασης και της απόδοσης και σκληρότητας του στραγγιστού γιαουρτιού μετά από τη φυγοκέντρωση (Ozer, 2006). Επιπλέον, σύμφωνα με τον Zuber (2012), για κάθε 4 μέρη στραγγιστού γιαουρτιού παράγονται 3 μέρη όξινου ορού, δηλαδή η αναλογία όξινου ορού/γιαούρτι είναι 75g ορού για 100 g στραγγιστού γιαουρτιού. Στην παρούσα εργασία, για 100 g στραγγιστού γιαουρτιού απομακρύνθηκαν στην άμεση στράγγιση και μετά από 24 ώρες κατά μέσον όρο περίπου 70 g και 67 g αντίστοιχα.

Η σύσταση όλων των στραγγιστών γιαουρτιών (Πίνακας 6.4) ήταν σύμφωνη με την Ελληνική νομοθεσία. Επιπλέον, η σύσταση των γιαουρτιών B και C ήταν παραπλήσια και με τη σύσταση στραγγιστών γιαουρτιών του εμπορίου με λιποπεριεκτικότητα 8-10% (Παναγοπούλου, 2018) ή ξένων ‘απομιμήσεων’, π.χ. Full fat Greek style natural yoghurt (Tamime et al., 2014). Οι Uduwerella et al., (2017) παρασκεύασαν στραγγιστά γιαούρτια με προσθήκη στερεών στο γάλα (formulation method) και έπρεπε να απομακρύνουν 113,93 και 28,04 g ορού με φυσική στράγγιση μέσω υφασμάτινου σάκου προκειμένου να παρασκευάσουν 100 g στραγγιστού γιαουρτιού με ολικά στερεά (%) 22,81 ± 0,28 και 23.01 ± 0,48 αντίστοιχα.

Μεταξύ του στραγγιστού γιαουρτιού Α και των άλλων δυο στραγγιστών γιαουρτιών (Β και C) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την περιεκτικότητα σε λίπος και ολικά στερεά, ενώ μεταξύ του C και των Α και Β στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Επίσης τα επίπεδα της τέφρας διέφεραν στατιστικά μεταξύ των γιαουρτιών Α και C. Όσον αφορά το χρόνο στράγγισης, δεν φαίνεται να επηρέασε σημαντικά τη σύσταση των γιαουρτιών. Σε γενικές γραμμές, παρατηρήθηκε μειούμενη συγκέντρωση σε λίπος, πρωτεΐνη και ολικά στερεά και αυξανόμενη σε υδατάνθρακες και τέφρα από τα γιαούρτια εντονότερης (C) προς τα γιαούρτια ηπιότερης θερμικής επεξεργασίας, αλλά και στα γιαούρτια που στράγγισαν μετά από 24 ώρες (β) σε σχέση με την άμεση στράγγιση (α). Η σύσταση των στραγγιστών γιαουρτιών, επηρεάζεται από την αποβολή του ορού. Μεγαλύτερη αποβολή ορού οδηγεί σε προϊόν με μικρότερη περιεκτικότητα σε νερό και ως εκ τούτου ενδεχομένως μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά και αντιστρόφως. Έτσι τα αυξημένα ολικά στερεά συστατικά, η πρωτεΐνη και το λίπος του γιαουρτιού (Α) σε σχέση με το (Β) και αυτό με τη σειρά του με το (C) είναι δυνατόν να αποδοθούν στην αντίστοιχα μειούμενη αποβολή του ορού που παρατηρήθηκε σε αυτά τα δείγματα με αυτή τη σειρά. Για τον ίδιο λόγο είναι πιθανόν να παρουσιάστηκε αυξημένη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και τέφρα στα γιαούρτια με μικρότερη αποβολή ορού, δεδομένης της λογικής, ότι η κατακράτηση μεγαλύτερου μέρους του ορού από το πήγμα, θα οδηγήσει σε αυξημένη κατακράτηση της λακτόζης, του κυριότερου ποσοτικά συστατικού του ορού, αλλά και υδατοδιαλυτών αλάτων που κανονικά θα αποβάλλονταν με αυτόν. Όσον αφορά την πρωτεΐνοπεριεκτικότητα εκφρασμένη επί ξηρού, όπως αναμενόταν ήταν χαμηλότερη στο γιαούρτι Α από ότι στα γιαούρτια Β και C, λόγω της απώλειας μη μετουσιωμένων πρωτεϊνών του ορού στον αποβαλλόμενο ορό, όπως φαίνεται και από την περιεκτικότητα του ορού σε πρωτεΐνη (Πίνακας 6.10).

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές παρά μόνο στο pH της πρώτης ημέρας και μεταξύ του γιαουρτιού C και των Α και Β, με το C να έχει σημαντικά χαμηλότερο pH (Πίνακας 6.5).

Πίνακας 6.4 Μέση σύσταση (%) στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάσθηκαν την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3) *προσδιορισμός των σακχάρων στις 15 ημέρες

Χρόνος στράγγισης	Θερ. Επεξ	Λίπος	Πρωτεΐνη	Πρωτεΐνη επί ξηρού	*Σάκχαρα	Τέφρα	Ολικά στερεά
α	A	12,44±1,69 ^{a*}	9,63±1,01 ^a	34,01±0,13 ^a	2,91±0,03 ^a	0,65±0,02 ^a	28,31 ±3,08 ^a
	B	10,92±0,98 ^b	9,16±0,63 ^a	35,53±0,23 ^a	2,93±0,16 ^a	0,64±0,00 ^{ab}	25,77 ±1,94 ^b
	C	10,13±0,2 ^b	8,58±0,01 ^a	34,83±0,01 ^a	3,21±0,07 ^b	0,68±0,04 ^b	24,66 ±0,05 ^b
β	A	10,93±0,27 ^a	9,16±0,84 ^a	35,35±2,56 ^a	3,05±0,09 ^a	0,66±0,01 ^a	25,89 ±0,77 ^a
	B	10,20±0,42 ^b	8,74±0,79 ^a	35,71±2,12 ^a	3,03±0,21 ^a	0,64±0,02 ^{ab}	24,46 ±0,77 ^b
	C	9,81±0,52 ^b	8,73±0,72 ^a	35,83±2,13 ^a	3,30±0,10 ^b	0,68±0,03 ^b	24,34 ±0,6 ^b
P (α,β)		0.0582	0,5545	0,4141	0,1528	0,5806	0.0920
P (A,B,C)		0.0166	0,3522	0,7326	0,0141	0,0576	0,0363

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Δεδομένου του γεγονότος ότι οι μικροοργανισμοί στο γιαούρτι είναι ζωντανοί και συνεχίζουν τη μεταβολική δραστηριότητα τους σε θερμοκρασίες συντήρησης, είναι αναμενόμενο μετά τη πάροδο 30 ημερών να αυξηθεί η οξύτητα και να μειωθεί το pH. Χαρακτηριστικό ήταν το αυξημένο pH και η μειωμένη οξύτητα στα γιαούρτια της πρώτης ημέρας που προέκυψαν από τη φυγοκέντρωση την επομένη ημέρα σε σχέση με αυτά που προέκυψαν από την άμεση φυγοκέντρωση παρά το γεγονός ότι χρόνος φυγοκέντρωσης δε φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά το pH ή την οξύτητα.

Πίνακας 6.5 pH και οξύτητα στραγγιστών γιαουρτιών ηλικίας 1 και 30 ημέρες, που παρασκευάστηκαν την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

Χρόνος Στράγγ.	Γιαούρτι	1 ημέρα		30 ημέρες	
		pH	Οξύτητα	pH	Οξύτητα
α	A	4,37±0,04 ^{a*}	1,17±0,02 ^a	4,35±0,32 ^a	1,33±0,14 ^a
	B	4,29±0,07 ^a	1,14±0,02 ^a	4,17±0,07 ^a	1,27±0,12 ^a
	C	4,25±0,01 ^b	1,15±0,10 ^a	4,01±0,06 ^a	1,44±0,10 ^a
β	A	4,37±0,06 ^a	1,13±0,02 ^a	4,20±0,22 ^a	1,36±0,12 ^a
	B	4,43±0,03 ^a	1,09±0,04 ^a	4,19±0,08 ^a	1,31±0,05 ^a
	C	4,31±0,08 ^b	1,12±0,03 ^a	4,17±0,15 ^a	1,31±0,09 ^a
<i>P</i> (α,β)		0,8951	0,1000	0,8951	0,7475
<i>P</i> (A,B,C)		0,3002	0,6385	0,3002	0,4693

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ($P < 0.05$)

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6.6, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά του C γιαουρτιού σε σχέση με τα γιαούρτια A και B στην περιεκτικότητα σε λακτόζη. Ο χρόνος φυγοκέντρησης φαίνεται επίσης να επηρέασε την περιεκτικότητα του γαλακτικού οξέος, με τα γιαούρτια από τη φυγοκέντρηση μετά από 24 ώρες (β) να παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερη περιεκτικότητα σε σχέση με αυτά που προέκυψαν από την άμεση (α). Γενικά, η αύξηση της περιεκτικότητας σε λακτόζη ήταν παράλληλη με την αυξανόμενη ένταση της θερμικής επεξεργασίας και αντίστροφα ανάλογη της αποβολής του ορού, ο οποίος ως γνωστόν συμπαρασύρει τα υδατοδιαλυτά συστατικά. Το ίδιο ίσχυσε και για το γαλακτικό οξύ. Όσον αφορά τα σάκχαρα γλυκόζη και γαλακτόζη τα οποία προέρχονται από την υδρόλυση της λακτόζης από την καλλιέργεια του γιαουρτιού, η μεν γλυκόζη ζυμώθηκε προς γαλακτικό οξύ η δε γαλακτόζη η οποία δεν ζυμώνεται από τα βακτήρια *S. thermophilus* και *L. delbrueckii ssp. Bulgaricus* (Tamime et al., 2006) συσσωρεύτηκε στο προϊόν.

Στην περιεκτικότητα σε Ασβέστιο, Μαγνήσιο και Φώσφορο δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους 3 τύπους γιαουρτιού (Πίνακας 6.7).

Πίνακας 6.6 Υπολειμματική λακτόζη, γλυκόζη, γαλακτόζη και γαλακτικό οξύ (g/100g) κατά την 15^η ημέρα διατήρησης στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

		Λακτόζη	Γλυκόζη	Γαλακτόζη	Γαλακτικό Οξύ
α	A	2,05±0,10 ^{a*}	0,03±0,03 ^a	0,83±0,05 ^a	1,05±0,03 ^a
	B	2,10±0,13 ^a	0,03±0,05 ^a	0,80±0,01 ^a	1,02±0,07 ^a
	C	2,40±0,02 ^b	0,01±0 ^a	0,80±0,06 ^a	1,08±0,02 ^a
β	A	2,25±0,09 ^a	0,03±0,01 ^a	0,78±0,03 ^a	0,99±0,02 ^b
	B	2,24±0,19 ^a	0,04±0,03 ^a	0,75±0,04 ^a	0,95±0,06 ^b
	C	2,49±0,12 ^b	0,01±0,01 ^a	0,80±0,05 ^a	1,03±0,07 ^b
<i>P</i> (α,β)		0,0627	0,9369	0,1543	0,0462
<i>P</i> (A,B,C)		0,0088	0,2653	0,5846	0,2062

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.7 Ανόργανα στοιχεία (mg/100g) στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

		Ασβέστιο	Φώσφορος	Μαγνήσιο	Κάλιο	Νάτριο
α	A	95,83±4,34 ^{a*}	87,56±0,68 ^a	13,85±0,34 ^a	178,84±26,24 ^a	58,70±10,95 ^a
	B	98,14±11,46 ^a	90,79±16,80 ^a	13,91±1,66 ^a	167,67±25,66 ^a	56,82±5,24 ^a
	C	100,78±4,23 ^a	80,09±4,07 ^a	14,55±0,32 ^a	185,40±35,85 ^a	65,02±11,31 ^a
β	A	93,56±4,18 ^a	83,20±3,03 ^a	14,10±0,84 ^a	198,49±1,57 ^a	69,62±8,02 ^b
	B	98,15±9,94 ^a	77,09±1,02 ^a	13,96±1,11 ^a	170,02±2,44 ^a	67,74±1,84 ^b
	C	96,13±9,04 ^a	77,09±4,26 ^a	14,43±1,00 ^a	202,99±15,26 ^a	71,76±0,92 ^b
<i>P</i> (α,β)		0,5946	0,0631	0,9022	0,3364	0,0466
<i>P</i> (A,B,C)		0,7252	0,2631	0,6450	0,2993	0,4702

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Το Κάλιο και το Νάτριο, στοιχεία τα οποία βρίσκονται σε ποσοστό >95% διαλυτά στον ορό το γάλακτος, ήταν σε μικρότερη συγκέντρωση στα γιαούρτια άμεσης στράγγισης από ότι σε αυτά που φυγοκεντρήθηκαν μετά από 24 ώρες, γεγονός που υποστηρίζεται από την μεγαλύτερη αποβολή του ορού κατά την άμεση στράγγιση.

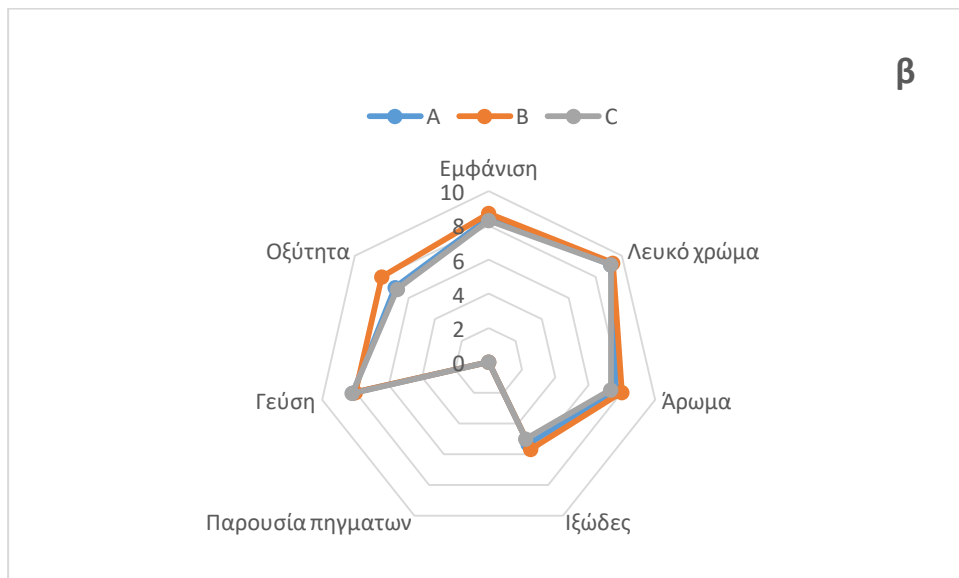
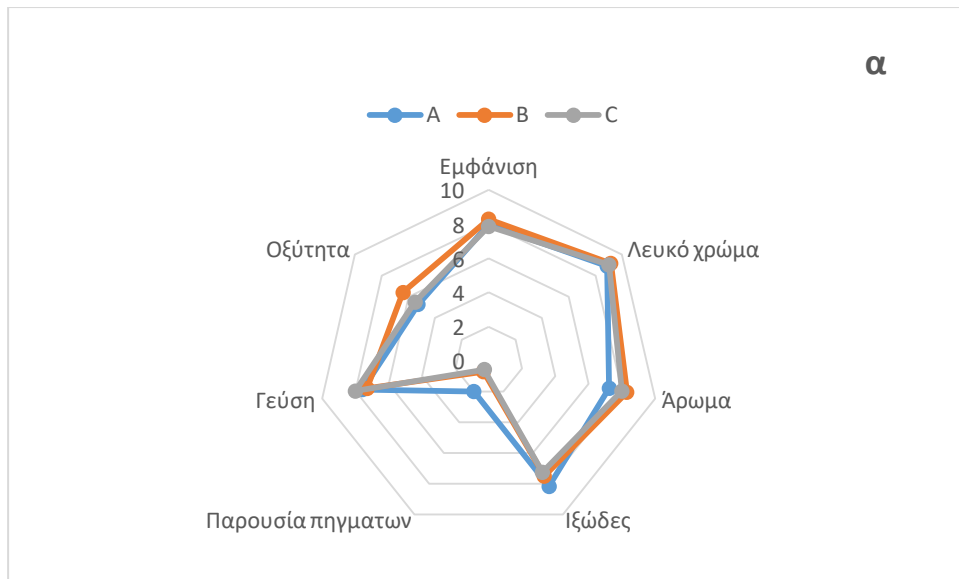
6.1.3 Οργανοληπτική αξιολόγηση γιαουρτιών

Η οργανοληπτική αξιολόγηση έδειξε ότι τα γιαούρτια που προέκυψαν από την άμεση απομάκρυνση του ορού είχαν λίγα πήγματα (Πίνακας 6.8, Εικόνα 6.1). Πρέπει δε να σημειωθεί ότι σε κανένα γιαούρτι δεν έγινε μετά τη φυγοκέντρωση ανάδευση – ομογενοποίηση του πηγματος του όπως συνηθίζεται στη βιομηχανία, μιας και δεν θα γινόταν ενσωμάτωση κρέμας. Από όλες τις οργανοληπτικές ιδιότητες που αξιολογήθηκαν, η οξύτητα και το ιξώδες επηρεάστηκαν σημαντικά από το χρόνο στράγγισης, γεγονός το οποίο υποστηρίζεται από τη μεγαλύτερη αποβολή ορού κατά την άμεση απομάκρυνση (α). Τέλος, κανένα γιαούρτι δεν είχε ανεπιθύμητη οσμή.

Πίνακας 6.8 Οργανοληπτική αξιολόγηση στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

		Εμφάνιση	Λευκό χρώμα	Άρωμα	Ιξώδες	Παρουσία πηγμάτων	Γεύση	Οξύτητα
α	A	8,00±1,31 ^{a*}	8,88±0,83 ^a	7,25±0,89 ^a	8,17±0,98 ^a	2,00±0 ^a	7,57±0,98 ^a	5,29±0,49 ^a
	B	8,29±0,76 ^a	9,14±0,69 ^a	8,29±0,76 ^a	7,50±0,84 ^a	0,71±0,95 ^a	7,29±0,76 ^a	6,40±0,89 ^b
	C	7,86±1,35 ^a	9,00±0,82 ^a	8,00±1,00 ^a	7,25±0,50 ^a	0,57±0,79 ^a	8,00±0,71 ^a	5,50±0,84 ^a
β	A	8,43±0,53 ^a	9,14±0,90 ^a	7,67±1,03 ^a	5,33±0,52 ^b	0 ^b	8,14±0,90 ^a	7,00±0,71 ^c
	B	8,71±0,92 ^a	9,29±0,76 ^a	8,00±0,89 ^a	5,67±0,82 ^b	0 ^b	8,00±1,00 ^a	8,00±0,71 ^d
	C	8,29±1,11 ^a	9,14±0,90 ^a	7,33±0,82 ^a	5,00±0 ^b	0 ^b	8,20±0,84 ^a	6,83±0,98 ^c

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)



Εικόνα 6.1 Οργανοληπτική αξιολόγηση στραγγιστών γιαουρτιών από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C); Στράγγιση με φυγοκέντρηση την ημέρα παρασκευής του γιαουρτιού (α) ή την επομένη (β); Ηλικία γιαουρτιών 15 ημέρες.

6.1.4 Σύσταση ορού γιαουρτιού

Ανάλογα με τη θερμική επεξεργασία παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του ορού του στραγγιστού γιαουρτιού C και του B, ως προς την τέφρα και τα στερεά συστατικά. Επίσης, η λιποπεριεκτικότητα του ορού φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από το χρόνο φυγοκέντρησης, ενώ η πρωτεϊνοπεριεκτικότητά του εξαρτάται στατιστικά σημαντικά και από τους δυο παράγοντες (Πίνακας 6.9). Γενικά, η σύσταση ήταν μέσα στα

όρια που έχουν αναφερθεί για τον όξινο ορό γιαουρτιού από τους Blaschek et al. (2007 και Chandrapala et al. (2016), ενώ οι Menchik et al. (2018, 2019) έχουν αναφέρει για ορό από ελληνικού τύπου γιαούρτι περιεκτικότητα σε ολική πρωτεΐνη 0,17 – 0,37 %, λακτόζη έως 3.5 %. Επίσης οι Smith et al. (2016) αναφέρουν ότι ο ορός από γιαούρτι ελληνικού τύπου περιείχε μόνο 0,02% (β/κ.ο.) πραγματική πρωτεΐνη και ολικά στερεά 5.6% (β/κ.ο.).

Πίνακας 6.9 Μέση σύσταση (%) όξινου ορού που απομακρύνθηκε την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

	Γιαούρτι	Λίπος	Πρωτεΐνη	Υδατάνθρακες	Τέφρα	Ολικά στερεά
α	A	0,05±0,03 ^a	0,63±0,01 ^a	4,29±0,16 ^a	0,69±0,01 ^{ab}	5,94±0,10 ^{ab}
	B	0,04±0,01 ^a	0,51±0,01 ^b	4,31±0,01 ^a	0,69±0,00 ^a	5,85±0,08 ^a
	C	0,04±0,01 ^a	0,41±0,00 ^c	4,43±0,07 ^a	0,73±0,01 ^b	6,10±0,06 ^b
β	A	0,13±0,04 ^b	0,68±0,05 ^d	4,29±0,13 ^a	0,69±0,03 ^{ab}	6,03±0,12 ^{ab}
	B	0,10±0,03 ^b	0,55±0,03 ^e	4,22±0,31 ^a	0,67±0,03 ^a	5,93±0,14 ^a
	C	0,09±0,0 ^b	0,45±0,02 ^f	4,50±0,08 ^a	0,70±0,02 ^b	6,10±0,07 ^b
	<i>P</i> (α,β)	0.0010	0.0066	0.9647	0.0960	0.2523
	<i>P</i> (A,B,C)	0.2519	0.0000	0.1187	0.0507	0.0206

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Η Ρηγανάκου (2019) απομακρύνοντας ορό από set-type γιαούρτια του εμπορίου ηλικίας περίπου 15 ημερών (με λίπος 3,5-4%) στις ίδιες συνθήκες φυγοκέντρησης αναφέρει pH 4,30 ± 0,08, οξύτητα 0,64 ± 0,05 και την εξής σύστασή (%): λίπος 0,16 ± 0,07, πρωτεΐνη 0,59 ± 0,06, τέφρα 0,84 ± 0,13, και ολικά στερεά 6,86 ± 0,94.

Το pH και η οξύτητα του ορού δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από τη θερμοκρασία επεξεργασίας του γάλακτος από το οποίο προήλθε, παρόλο που οι τιμές του C δείγματος φαίνεται να υποδεικνύουν ένα πιο όξινο ορό σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα (Πίνακας 6.10). Το pH δεν επηρεάστηκε ούτε από το χρόνο φυγοκέντρησης, παρόλα αυτά παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ορών ως προς στην οξύτητα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το pH του ορού του γιαουρτιού κυμαίνεται μεταξύ 4-4,6 (Chandrapala et al., 2016; Menchik et al., 2018; 2019).

Πίνακας 6.10 pH, οξύτητα και γαλακτικό οξύ (%) ορού που απομακρύνθηκε την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

		pH	Οξύτητα
α	A	4,55±0,28 ^a	0,45±0,04 ^a
	B	4,60±0,19 ^a	0,45±0,02 ^a
	C	4,47±0,05 ^a	0,48±0,01 ^a
β	A	4,42±0,08 ^a	0,50±0,03 ^b
	B	4,37±0,12 ^a	0,49±0,02 ^b
	C	4,37±0,07 ^a	0,52±0,02 ^b
<i>P</i> (α,β)		0,0682	0,0047
<i>P</i> (A,B,C)		0,6994	0,1367

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Η περιεκτικότητα του ορού σε λακτόζη, γλυκόζη, γαλακτόζη αλλά και γαλακτικό οξύ δεν επηρεάστηκε ούτε από τη διαφορετική θερμική επεξεργασία ούτε από το χρόνο στράγγισης (Πίνακας 6.11). Το γαλακτικό οξύ βρέθηκε σε ποσοστά παρόμοια με αυτά που αναφέρουν οι Chadrarala et al. (2016), σύμφωνα με του οποίους το γαλακτικό οξύ στον όξινο ορό γιαουρτιού είναι <0,8%.

Ο χρόνος φυγοκέντρησης επηρέασε σημαντικά την περιεκτικότητα του ορού σε Ασβέστιο και Φώσφορο (Πίνακας 6.12), ενώ η θερμική επεξεργασία επηρέασε μόνο την περιεκτικότητα σε Κάλιο με το δείγμα C να έχει τις υψηλότερες τιμές. Το Ασβέστιο προσδιορίστηκε σε τιμές παραπλήσιες με αυτές που αναφέρουν οι Menchik et al. (2018), ενώ οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν περιεκτικότητα σε Φώσφορο μεταξύ 67-69 mg/100g. Οι Smith et al. (2016) έχουν αναφέρει περιεκτικότητα Ασβεστίου, Καλίου, Μαγνησίου και Νατρίου 123, 147, 11 και 44 mg/100g αντίστοιχα.

Πίνακας 6.11 Λακτόζη, γλυκόζη, γαλακτόζη και γαλακτικό οξύ (g/100g) ορού που απομακρύνθηκε την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

		Λακτόζη	Γλυκόζη	Γαλακτόζη	Γαλακτικό Οξύ
α	A	3,53±0,21 ^a	0,06±0,01 ^a	0,69±0,06 ^a	0,75±0,08 ^a
	B	3,57±0,04 ^a	0,06±0,01 ^a	0,69±0,04 ^a	0,76±0,04 ^a
	C	3,66±0,06 ^a	0,05±0 ^a	0,72±0,02 ^a	0,80±0,02 ^a
β	A	3,47±0,06 ^a	0,07±0,0 ^a	0,74±0,06 ^a	0,81±0,07 ^a
	B	3,41±0,23 ^a	0,08±0,03 ^a	0,74±0,06 ^a	0,80±0,04 ^a
	C	3,67±0,04 ^a	0,06±0,01 ^a	0,78±0,05 ^a	0,86±0,06 ^a
<i>P</i> (α,β)		0,3202	0,1590	0,0837	0,0896
<i>P</i> (A,B,C)		0,1246	0,4368	0,4589	0,3450

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.12 Ανόργανα στοιχεία (mg/100g) ορού που απομακρύνθηκε την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

		Ασβέστιο	Φώσφορος	Μαγνήσιο	Κάλιο	Νάτριο
α	A	119,32±11,08 ^a	56,94±1,86 ^a	15,86±0,58 ^a	218,43±8,23 ^a	76,82±13 ^a
	B	116,54±8,70 ^a	53,70±1,71 ^a	15,77±0,58 ^a	221,49±16,96 ^a	77,70±0,50 ^a
	C	124,55±5,86 ^a	59,85±4,72 ^a	16,77±0,41 ^a	258,34±22,25 ^b	82,63±7,78 ^a
β	A	115,80±7,70 ^b	51,84±0,40 ^p	15,79±0,78 ^a	229,01±6,21 ^a	93,86±3,24 ^a
	B	110,25±9,16 ^b	51,89±3,60 ^p	13,96±1,11 ^a	222,57±7,29 ^a	85,05±5,35 ^a
	C	105,71±0,93 ^b	53,35±2,73 ^b	15,43±0,83 ^a	236,34±6,54 ^b	76,46±7,07 ^a
<i>P</i> (α,β)		0,0497	0,0239	0,4728	0,5999	0,1792
<i>P</i> (A,B,C)		0,7298	0,1957	0,8927	0,0227	0,5223

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

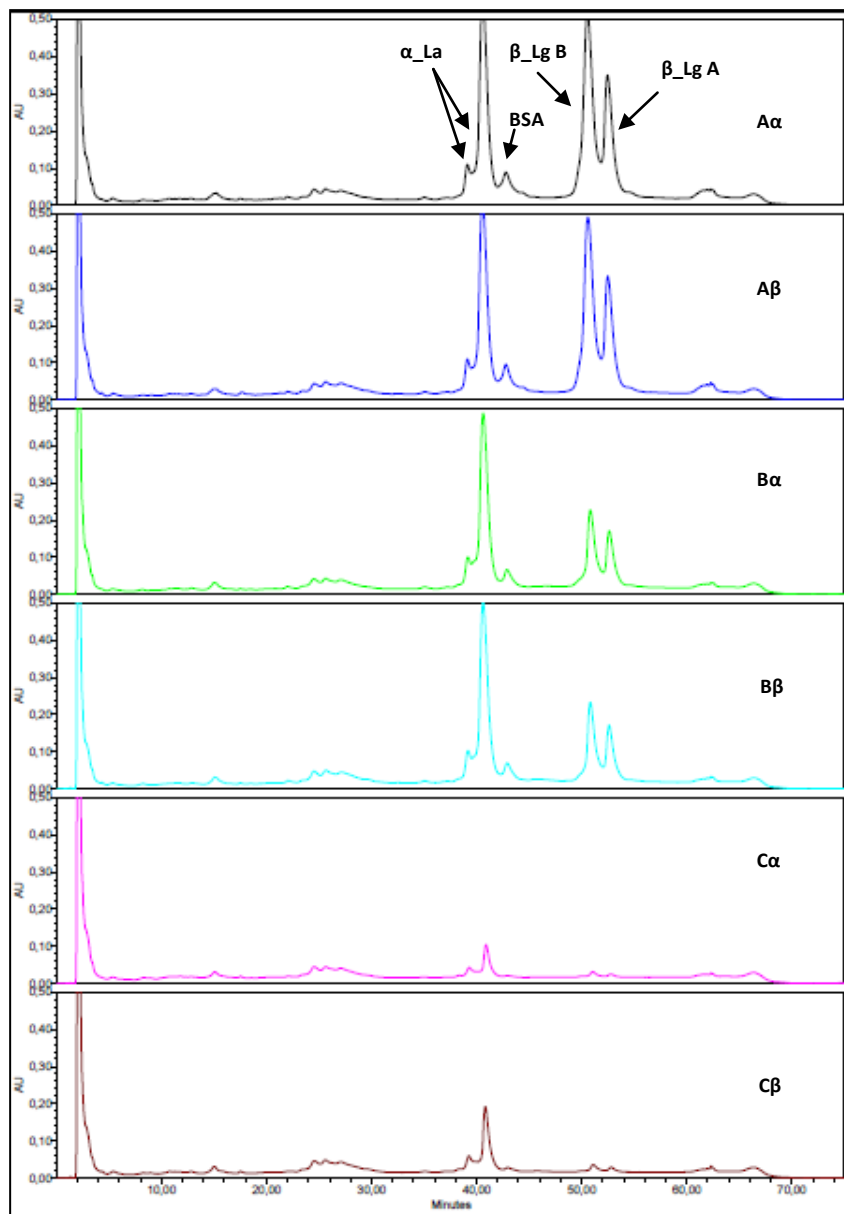
6.1.5 Κύριες υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες

Η θερμική επεξεργασία ανάλογα την έντασή της επιφέρει αλλαγές στη δομή των πρωτεϊνών του ορού. Στην παρούσα εργασία, η αξιολόγηση της θερμικής μετουσίωσής τους βασίστηκε στην % μεταβολή της επιφάνειας των κορυφών των κύριων υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών στα χρωματογραφήματα που προέκυψαν από την ανάλυση με RP-HPLC σε σχέση με την επιφάνεια των κορυφών της ηπιότερης θερμικής επεξεργασίας (A).

Με τη μέθοδο των Moatsou et al. (2005) που εφαρμόστηκε, η α -γαλακτοαλβουμίνη (α -La) εκλούστηκε μεταξύ 38-42 min, η οροαλβουμίνη (BSA) στο χρόνο 43 min και η β -γαλακτοβλοβουλίνη (β -Lg) μεταξύ 51-53 min (Εικόνα 6.2).

Η α -γαλακτοαλβουμίνη είναι λιγότερο θερμοευαίσθητη από ότι η β -γαλακτογλοβουλίνη, η οποία μετουσιώνεται κατά 33% σε συνθήκες θέρμανσης 80° C για 4 s (Sakkas et al., 2014).

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6.13 το σύνολο των κύριων υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών μετουσιώθηκε κατά περίπου 40% κατά την άνοδο της θερμοκρασίας από τους 85°C στους 100°C. Σε αυτήν τη μεταβολή το μεγαλύτερο ποσοστό μετουσίωσης όπως ήταν αναμενόμενο το είχε η β -γαλακτογλοβουλίνη (62-78% στην περίπτωση στράγγισης α και β αντίστοιχα), ενώ η α -γαλακτοαλβουμίνη είχε αντίστοιχη μετουσίωση 8-5,5%. Η ασυνεχής θερμική επεξεργασία (C) μείωσε κατά 87-89% το σύνολο των κύριων υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών, κατά 69-76% την α -La και κατά 97-98% την β -Lg. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα αυτά έχουν υπολογισθεί, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, με βάση τη θερμική επεξεργασία A (85°C για 16s). Η Λεπεσιώτη (2019) για τις ίδιες ακριβώς συνθήκες θερμικής επεξεργασίας και για το ίδιο αγελαδινό γάλα αναφέρει ότι η υπολειμματική α -La υπολογισμένη με βάση το θερμισμένο γάλα είναι 88,25%, 80,41% και 22,78% για τις θερμικές επεξεργασίες A, B και C αντίστοιχα. Η β -Lg ήταν 67,82%, 20% και 1,82% αντίστοιχα.



Εικόνα 6.2. Ενδεικτικό RP-HPLC χρωματογράφημα έκλυσης υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών του ορού σε ορό από γιαούρτια που αποβλήθηκε την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C)

Πίνακας 6.13 Μέση υπολειμματική επιφάνεια των κορυφών των κύριων πρωτεϊνών του ορού μετά από RP-HPLC ανάλυση του ορού που απομακρύνθηκε την 0 (α) ή την 1^η (β) ημέρα κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού από θερμικά επεξεργασμένο αγελαδινό γάλα στους: 85°C/16s (A), 100°C/16s (B) και 90°C/5min (C) (mean ± SD, n=3)

Χρόνος στράγγισης	Γιαούρτι	% σύνολο υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών	% α-La	β-Lg
α	A	100	100	100
	B	59,53 ± 2,35	91,72 ± 3,02	37,97 ± 1,62
	C	11,15 ± 4,46	23,84 ± 9,22	3,06 ± 0,89
β	A	100	100	100
	B	60,46 ± 6,53	94,43 ± 10,67	21,64 ± 0,36
	C	13,67 ± 3,53	31,16 ± 4,52	1,87 ± 0,02

6.2 Επίδραση της λιποπεριεκτικότητας και της μεθόδου στράγγισης

6.2.1. Σύσταση γάλακτος και αρχικών γιαουρτιών

Η σύσταση του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε και των αρχικών γιαουρτιών σε γενικές γραμμές επηρεάστηκε από τη διαφορά λίπους που εσκεμμένα δημιουργήθηκε κατά την παρασκευή τους. Συνεπώς, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στα άπαχα γιαούρτια (S) ήταν σημαντικά υψηλότερη ως αποτέλεσμα του μειωμένου λίπους, ενώ τα ολικά στερεά ήταν μειωμένα για τον ίδιο λόγο (Πίνακες 6.14 και 6.15). Επίσης λόγω της μειωμένης λιποπεριεκτικότητας τα γιαούρτια (S) είχαν στατιστικά σημαντικά περισσότερη πρωτεΐνη η οποία με τη σειρά της επηρέασε και την οξύτητά τους.

Πίνακας 6.14: Μέση σύσταση (%) αγελαδινού γάλακτος με λιποπεριεκτικότητα ~2% (γάλα F) και ~0,5% (γάλα S)

Γάλα	Λίπος	Πρωτεΐνη	Λακτόζη	Σ.Υ.
F	2,145±0,18	3,26±0,14	4,321±0,08	10,83±0,26
S	0,47±0,03	3,32±0,15	4,385±0,06	9,28±0,13

Πίνακας 6.15: Μέση σύσταση (%), pH και οξύτητα αρχικών γιαουρτιών 1 ημέρας, που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) (mean ± SD, n=3)

Γιαούρτι	Λίπος	Πρωτεΐνη	Ολικά στερεά	pH	Οξύτητα
F	2.43±0,10 ^{a*}	4,12±0,17 ^a	12,19±0,12 ^a	4,16±0.10 ^a	0.60±0.04 ^a
S	0,68±0,10 ^b	4,34±0,15 ^b	10,35±0,18 ^b	4.21±0.07 ^a	0.62±0.03 ^b

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

6.2.2 Σύσταση των στραγγιστών γιαουρτιών

Στον Πίνακα 6.16 παρουσιάζεται ο όγκος (κατά βάρος) του ορού που απομακρύνθηκε με τις δύο μεθόδους προκειμένου να παρασκευασθούν τα στραγγιστά γιαούρτια. Η αποβολή του ορού διέφερε στατιστικά σημαντικά σε όλα τα δείγματα. Στα γιαούρτια με υψηλή λιποπεριεκτικότητα η αποβολή του ορού ήταν σημαντικά μικρότερη και η φυγοκέντρηση οδήγησε σε μεγαλύτερη αποβολή ορού και στα δυο γιαούρτια (S και F) σε σχέση με την κλασική μέθοδο των σάκων κατά περίπου 10%.

Η αποβολή του ορού είναι φαινόμενο συναίρεσης το οποίο στην περίπτωση του στραγγιστού γιαουρτιού υποβοηθείται με την ανάδευση του προϊόντος πριν τη μέθοδο/και με τη μέθοδο στράγγισης. Σύμφωνα με τους Kehagias et al. (1992) το pH κατά την έναρξη της στράγγισης η οποία στη βιομηχανία συμπίπτει με το τέλος της επώασης, επηρεάζει σημαντικά την απόδοση και συνεπώς τη ανάκτηση των στερεών στο τελικό στραγγιστό προϊόν. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Amatayakul et al. (2006), η ποσότητα του ορού που απομακρύνεται από το αρχικό –συνεκτικό γιαούρτι, είτε με φυσική στράγγιση είτε με φυγοκέντρηση, εξαρτάται αποκλειστικά από το ποσοστό των στερεών συστατικών και μειώνεται όσο αυξάνουν τα στερεά. Συνεπώς, στην παρούσα εργασία η σημαντική διαφορά στην ποσότητα του αποβαλλόμενου ορού οφειλόταν πρωτίστως στο συνδυασμό της σύστασης και του pH του αρχικού γιαουρτιού και δευτερευόντος στη μέθοδο στράγγισης.

Πίνακας 6.16: Απομάκρυνση ορού (% κ.β.) από γιαούρτια που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρηση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

Γιαούρτι	t	f	P (f,t)
F	59,27±3,87 ^{1,a}	68,92±1,08 ^{2,a}	0,0020
S	69,36±0,52 ^{1,b}	80,27±0,17 ^{2,b}	
P (F,S)	0,0017		0,6854

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες και οι μέσοι όροι στην ίδια σειρά με διαφορετικούς αριθμούς διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Όσον αφορά τη μέση σύσταση των στραγγιστών γιαουρτιών που προέκυψαν, η λιποπεριεκτικότητα, όπως ήταν αναμενόμενο, είχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των γιαουρτιών F και S, ενώ μετά τη στράγγιση φαίνεται να έχει αυξηθεί κατά 2,5-3 φορές σε σχέση με τα αντίστοιχα Set γιαούρτια από τα οποία προήλθαν (Πίνακας 6.17). Η πρωτεΐνη (%) παρόλο που δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ως είχε, ήταν αυξημένη στα γιαούρτια S, προφανώς λόγω της μειωμένης λιποπεριεκτικότητας. Η αύξηση δε ήταν σημαντική όταν η πρωτεΐνη εκφράστηκε επί ξηρού. Και οι 4 τύποι γιαουρτιών πληρούσαν τις προδιαγραφές της Ελληνικής νομοθεσίας για τα στραγγιστά γιαούρτια ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (ελάχιστη πρωτεΐνη 5,6%). Αγελαδινά στραγγιστά γιαούρτια του εμπορίου με 2% λίπος είχαν 8-9% πρωτεΐνη, 3,8-4% υδατάνθρακες και 17-20% ολικά στερεά (Moschoroulou and Moatsou, 2017; Παναγοπούλου 2018). Οι συγκεντρώσεις των υδατανθράκων και της τέφρας ήταν παρόμοιες σε όλα τα γιαούρτια, ενώ τα ολικά στερεά επηρεάστηκαν σημαντικά από τη μέθοδο στράγγισης με τα γιαούρτια (f) που προέκυψαν με φυγοκέντρηση να έχουν συγκρατήσει σημαντικά περισσότερα στερεά σε σχέση με αυτά που στράγγισαν με σάκο.

Το pH των γιαουρτιών όπως ήταν αναμενόμενο μειώθηκε σε όλα τα γιαούρτια καθ' όλη τη διάρκεια της διατήρησής τους (Πίνακας 6.18) με παράλληλη αύξηση της οξύτητας λόγω της συνέχισης προφανώς της ζύμωσης και της παραγωγής γαλακτικού οξέος. Η οξύτητα μάλιστα επηρεάστηκε σημαντικά τόσο από τη λιποπεριεκτικότητα του γιαουρτιού όσο και από τη μέθοδο στράγγισής του στις 30 ημέρες διατήρησης, γεγονός που υποστηρίζεται από τη μειωμένη υπολειμματική λακτόζη και την παραγωγή γαλακτικού οξέος μετά τις 15 ημέρες (Πίνακες 6.19 και 6.21). Φαίνεται δε ότι την εντονότερη ζύμωση την υπέστησαν τα γιαούρτια χαμηλής λιποπεριεκτικότητας (S) και τα γιαούρτια που προήλθαν από φυγοκέντρηση.

Πίνακας 6.17: Μέση σύσταση (%), στραγγιστών γιαουρτιών 1 ημέρας, που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπερικτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρωση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

Μέθοδος στράγγισης	Γιαούρτι	Λίπος	Πρωτεΐνη	Πρωτεΐνη επί ξηρού	Υδατάνθρακες	Τέφρα	Ολικά στερεά
t	F	6,27±0,83 ^{a*}	8,98±1,51 ^a	41,64±3,37 ^a	3,37±0,13 ^a	0,73±0,09 ^a	21,48±1,88 ^a
	S	1,7±0,37 ^b	9,82±0,81 ^a	51,66±3,36 ^b	3,54±0,02 ^a	0,72±0,02 ^a	19,00±0,33 ^a
f	F	7,43±0,61 ^a	9,91±0,74 ^a	41,94±2,59 ^a	3,39±0,19 ^a	0,70±0,06 ^a	23,62±0,30 ^b
	S	2,26±0,03 ^b	12,46±0,76 ^a	48,84±0,35 ^b	3,15±0,20 ^a	0,79±0,00 ^a	25,50±1,36 ^b
P (F,S)		0,0002	0,0754	0,0116	0,7547	0,3539	0,7358
P (f,t)		0,0889	0,0657	0,5488	0,1732	0,6723	0,0067

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.18: pH και οξύτητα στραγγιστών γιαουρτιών ηλικίας 1, 15 και 30 ημερών, που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπερικτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρωση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

		1		15		30	
		pH	Οξύτητα	pH	Οξύτητα	pH	Οξύτητα
t	F	4,33±0,13 ^{a*}	1,15±0,06 ^a	4,28±0,16 ^a	1,30±0,09 ^a	4,29±0,13 ^a	1,36±0,0 ^a
	S	4,30±0,18 ^a	1,35±0,13 ^a	4,25±0,01 ^a	1,47±0,15 ^b	4,29±0,02 ^a	1,62±0,04 ^b
f	F	4,45±0,10 ^a	1,35±0,08 ^a	4,20±0,13 ^a	1,40±0,02 ^a	4,33±0,33 ^a	1,54±0,01 ^c
	S	4,58±0,04 ^a	1,55±0,13 ^a	4,26±0,06 ^a	1,64±0,04 ^b	4,20±0,01 ^a	1,73±0,10 ^d
P (F,S)		0,5993	0,0522	0,8568	0,8568	0,6299	0,0038
P (f,t)		0,0849	0,0560	0,6767	0,6767	0,8804	0,0165

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.19: Υπολειμματική λακτόζη (%) στραγγιστών γιαουρτιών ηλικίας 1, 15 και 30 ημερών, που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπερικτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρωση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

Στράγγιση Γιαούρτι		Λακτόζη (%)		
		1	15	30
t	F	2,67±0,10 ^{a*}	2,59±0,35 ^a	2,43±0,26 ^a
	S	2,77±0,00 ^a	2,47±0,03 ^a	2,29±0,05 ^a
f	F	2,69±0,23 ^a	2,26±0,25 ^a	2,14±0,16 ^b
	S	2,42±0,21 ^a	1,88±0,20 ^a	1,79±0,09 ^b
P (F,S)		0,5074	0,2027	0,1040
P (f,t)		0,2231	0,0510	0,0276

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.20: Υπολειμματική γαλακτόζη (%) στραγγιστών γιαουρτιών ηλικίας 1, 15 και 30 ημερών, που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπερικτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρωση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

Στράγγιση Γιαούρτι		Γαλακτόζη (%)		
		1	15	30
t	F	0,68±0,01 ^{a*}	0,85±0,02 ^a	0,82±0,04 ^a
	S	0,73±0,01 ^a	0,89±0,05 ^b	0,85±0,01 ^a
f	F	0,67±0,04 ^a	0,86±0,00 ^a	0,84±0,02 ^a
	S	0,69±0,02 ^a	0,95±0,019 ^b	0,94±0,06 ^a
P (F,S)		0,1117	0,0329	0,0692
P (f,t)		0,2117	0,1177	0,0895

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.21: Γαλακτικό οξύ (%) σε στραγγιστά γιαούρτια ηλικίας 1, 15 και 30 ημερών, που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρηση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

Στράγγιση Γιαούρτι		Γαλακτικό οξύ		
		1	15	30
t	F	0,84±0,02 ^{a*}	1,06±0,06 ^a	1,04±0,07 ^a
	S	0,90±0,00 ^b	1,13±0,04 ^b	1,10±0,00 ^b
f	F	0,85±0,03 ^a	1,11±0,02 ^c	1,09±0,05 ^c
	S	0,89±0,02 ^b	1,29±0,01 ^d	1,27±0,06 ^d
P (F,S)		0,0284	0,0094	0,0410
P (f,t)		0,9003	0,0178	0,0457

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Η περιεκτικότητα των γιαουρτιών σε κύρια ανόργανα στοιχεία δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τη μέθοδο στράγγισης ή τη λιποπεριεκτικότητα (Πίνακας 6.22). Παρ' όλα αυτά, οι συγκεντρώσεις του Ασβεστίου, του Φωσφόρου και του Μαγνησίου ήταν υψηλότερες στην περίπτωση της φυγοκέντρησης των άπαχων γιαουρτιών.

Πίνακας 6.22: Ανόργανα στοιχεία (mg/100g) στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρηση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

		Ασβέστιο	Φώσφορος	Μαγνήσιο	Κάλιο	Νάτριο
t	F	133,74±24,54 ^{a*}	106,16±11,04 ^a	14,66±2,97 ^a	154,08±1,48 ^a	81,42±13,96 ^a
	S	132,57±12,03 ^a	106,89±6,07 ^a	13,93±0,81 ^a	141,89±23,34 ^a	77,56±0,71 ^a
f	F	125,90±9,49 ^a	101,61±5,68 ^a	14,36±2,52 ^a	141,75±13,42 ^a	84,16±9,75 ^a
	S	149,47±30,09 ^a	125,98±9,07 ^a	14,74±1,24 ^a	153,78±19,72 ^a	61,59±7,77 ^a
P (F,S)		0,4902	0,0983	0,9117	0,9952	0,1167
P (f,t)		0,7744	0,2814	0,8699	0,9861	0,3744

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

6.2.3 Σύσταση ορού γιαουρτιού

Η σύσταση των ορών που προέκυψαν από τα γιαούρτια διαφορετικής λιποπερικτικότητας και μεθόδου στράγγισης παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.23. Οι οροί που προήλθαν από την παραδοσιακή στράγγιση (Ft, St) περιείχαν σημαντικά περισσότερη πρωτεΐνη, γεγονός που συνάδει με λιγότερη πρωτεΐνη στο τελικό προϊόν (Πίνακας 6.17). Αντίθετα, οι οροί από τη φυγοκέντρηση περιείχαν σημαντικά υψηλότερα ποσοστά υδατανθράκων και ολικών στερεών από αυτούς με την παραδοσιακή στράγγιση ανεξάρτητα από τη λιποπερικτικότητα. Οι Uduwerella et al. (2017) αναφέρουν ολικά στερεά 6.48-7.09 % για ορό από γιαούρτι που παρασκευάστηκε με τη μέθοδο της στράγγισης μέσω υφασμάτων σάκων. Το pH και η οξύτητα δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά μεταξύ των γιαουρτιών και με τις δύο επεμβάσεις (Πίνακας 6.24).

Πίνακας 6.23: Μέση σύσταση (%) όξινου ορού που απομακρύνθηκε κατά την παρασκευή στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπερικτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρηση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

Μέθοδος	Γιαούρτι	Λίπος	Πρωτεΐνη	Υδατάνθρακες	Τέφρα	Ολικά στερεά
t	F	0,02±0,03 ^a	0,46±0,00 ^a	3,88±0,15 ^a	0,75±0,03 ^a	5,76±0,25 ^a
	S	0,01±0,01 ^a	0,46±0,01 ^a	4,04±0,16 ^a	0,74±0,11 ^b	5,69±0,18 ^a
f	F	0,01±0,01 ^a	0,41±0,01 ^b	4,48±0,13 ^b	0,70±0,01 ^a	6,09±0,12 ^b
	S	0,01±0,00 ^a	0,41±0,01 ^b	4,27±0,18 ^b	0,76±0,04 ^b	6,12±0,04 ^b
<i>P</i> (F,S)		0,6619	0,7556	0,7992	0,0381	0,8890
<i>P</i> (f,t)		0,6619	0,0032	0,0187	0,0640	0,0326

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.24: pH και οξύτητα ορού που απομακρύνθηκε κατά την παρασκευή στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρηση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

		pH	Οξύτητα
t	F	4,49±0,21 ^a	0,46±0,06 ^a
	S	4,51±0,21 ^a	0,45±0,25 ^a
f	F	4,64±0,09 ^a	0,44±0,00 ^a
	S	4,58±0,18 ^a	0,45±0,02 ^a
P (F,S)		0,8801	0,8442
P (f,t)		0,4265	0,6965

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Ο προσδιορισμός των σακχάρων και του γαλακτικού οξέος έδειξε ότι η περιεκτικότητα του ορού σε λακτόζη επηρεάστηκε σημαντικά από τον τρόπο στράγγισης με τη φυγοκέντρηση να αποδίδει ορό πλουσιότερο σε λακτόζη σε σχέση με την παραδοσιακή στράγγιση (Πίνακας 6.25), ενώ δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στη γαλακτόζη ή στο γαλακτικό οξύ.

Πίνακας 6.25: Λακτόζη, γαλακτόζη και γαλακτικό οξύ (g/100g) ορού που απομακρύνθηκε κατά την παρασκευή στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρηση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

		Λακτόζη	Γαλακτόζη	Γαλακτικό Οξύ
t	F	3,13±0,15 ^a	0,72±0,02 ^a	0,81±0,04 ^a
	S	3,26±0,11 ^a	0,74±0,04 ^a	0,83±0,06 ^a
f	F	3,73±0,16 ^b	0,71±0,03 ^a	0,79±0,03 ^a
	S	3,54±0,18 ^b	0,68±7,61 ^a	0,75±0,01 ^a
P (F,S)		0,7942	1.000	0,7224
P (f,t)		0,0150	0,1682	0,1796

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Όσον αφορά τα κύρια ανόργανα στοιχεία δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά (Πίνακας 6.26) μεταξύ των ορών. Όμως οι περισσότεροι οροί που προήλθαν από το γιαούρτι με λίγα λιπαρά και φυγοκέντρωση είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε Ασβέστιο, Φώσφορο, Μαγνήσιο και Κάλιο, γεγονός που υποστηρίζει την σημαντικά υψηλότερη περιεκτικότητα σε τέφρα των ορών αυτών (Πίνακας 6.23).

Πίνακας 6.26: Ανόργανα στοιχεία (mg/100g) ορού που απομακρύνθηκε κατά την παρασκευή στραγγιστών γιαουρτιών που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα ~2% (F) και ~0,5% (S) και στράγγισαν με φυγοκέντρωση (f) ή παραδοσιακά (t) (mean ± SD, n=3)

		Ασβέστιο	Φώσφορος	Μαγνήσιο	Κάλιο	Νάτριο
t	F	135,84±1,16 ^a	55,59±2,03 ^a	12,96±0,01 ^a	206,93±3,98 ^a	77,21±1,17 ^a
	S	136,51±21,60 ^a	54,19±6,15 ^a	13,54±2,72 ^a	197,22±19,41 ^a	90,61±41,28 ^a
f	F	124,50±1,81 ^a	54,85±1,77 ^a	12,39±0,29 ^a	179,17±20,42 ^a	94,49±39,56 ^a
	S	130,44±2,48 ^a	58,00±1,90 ^a	13,58±0,52 ^a	217,70±3,39 ^a	83,90±12,56 ^a
<i>P</i> (F,S)		0,6905	0,7430	0,4190	0,2281	0,9492
<i>P</i> (f,t)		0,3227	0,5679	0,8035	0,7377	0,8113

*Οι μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ($P < 0.05$)

Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα

Ο διαφορετικός βαθμός θερμικής επεξεργασίας (85°C/16s, 100°C/16s, 90°C/5min) του αγελαδινού γάλακτος με τυποποιημένο λίπος 3.2% σε συνδυασμό με το διαφορετικό χρονικό σημείο στράγγισης (φυγοκέντρηση αμέσως μετά τη στράγγιση ή την επομένη ημέρα) κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

- Η σύσταση των γιαουρτιών από γάλα που είχε θερμανθεί στους 100°C/16s ή στους 90°C/5min ήταν τυπική για στραγγιστό γιαούρτι και παραπλήσια με αυτήν των στραγγιστών γιαουρτιών του εμπορίου με λίπος 8-10%.
- Η φυγοκέντρηση την επομένη της παρασκευής του γιαουρτιού δεν επηρέασε σημαντικά τη σύστασή του, μείωσε όμως σημαντικά την ποσότητα του ορού που παράχθηκε.
- Η αποβολή ορού κατά την παρασκευή γιαουρτιού από γάλα θερμασμένο στους 90°C/5min ήταν λιγότερη τουλάχιστον κατά 11% όταν η φυγοκέντρηση έγινε την επομένη ημέρα.
- Η φυγοκέντρηση την επομένη της παρασκευής του γιαουρτιού οδήγησε γενικά σε αύξηση της απόδοσης σε στραγγιστό γιαούρτι
- Η αποβολή του ορού την επομένη ημέρα απέδωσε ορό με περισσότερο γαλακτικό οξύ και με σημαντικά λιγότερο Ασβέστιο και Φώσφορο.

Η διαφορετική λιποπεριεκτικότητα του αγελαδινού γάλακτος (~2% και ~ 6-7%) σε συνδυασμό με τη διαφορετική μέθοδο στράγγισης (φυγοκέντρηση και παραδοσιακή στράγγιση με υφασμάτινο σάκο) κατά την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

- Η μέθοδος στράγγισης επηρέασε σημαντικά τα ολικά στερεά των στραγγιστών γιαουρτιών με τα γιαούρτια που προέκυψαν με φυγοκέντρηση να έχουν συγκρατήσει περισσότερα στερεά σε σχέση με αυτά που στράγγισαν με σάκο, ανεξάρτητα από τη λιποπεριεκτικότητα.
- Και οι δύο παράμετροι (μέθοδος στράγγισης και διαφορετική λιποπεριεκτικότητα) επηρέασαν σημαντικά την ποσότητα του αποβαλλόμενου ορού με αυτή να είναι σημαντικά λιγότερη στην περίπτωση της παραδοσιακής στράγγισης.
- Η φυγοκέντρηση συγκριτικά με την παραδοσιακή στράγγιση απέδωσε ορό με σημαντικά περισσότερη λακτόζη, ολικά στερεά και λιγότερο γαλακτικό οξύ ανεξάρτητα από τη λιποπεριεκτικότητα.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Καμιναρίδης Σ. και Μοάτσου Γ. (2009). *Γαλακτοκομία*, Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.

Λεπεσιώτη Σ. (2019). Επίδραση της σύστασης και της μεταχείρισης του γάλακτος στα χαρακτηριστικά μαλακού τυριού μικτής πήξης. Μεταπτυχιακή Μελέτη. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μάντης Α., Παπαγεωργίου Δ., Φλετούρης Δ.ς, Αγγελίδης Α., (2015). *Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του*. Εκδόσεις Αφοι Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

Παναγοπούλου Π. (2018) Μελέτη της ζύμωσης της λακτόζης σε γιαούρτια του εμπορίου. Πτυχιακή μελέτη. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ρηγανάκου Ι.Α. (2019). Προσδιορισμός ανοργάνων στοιχείων στον ορό γιαουρτιού εμπορίου συνεκτικής δομής και παραδοσιακού τύπου. Πτυχιακή μελέτη. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΦΕΚ 2457/2016. Αντικατάσταση του άρθρου 82 «Γιαούρτι» του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) (ΦΕΚ 788/ Β'31.12.1987), όπως ισχύει.

Διεθνής Βιβλιογραφία

Amatayakul T., Sherkat F. and Shah N. (2006). Syneresis in set yoghurt ass affected by EPS starter cultures and levels of solids. *International Journal of Dairy Technology*, 59, 216-221.

Bedas M., Tanguy G., Dolivet A., Mejean S., Gaucheron F., Garric G., Senard G., Jeantet R., Schuck P. (2017). Nanofiltration of lactic acid whey prior to spray drying: Scaling up to a semi-industrial scale. *LWT - Food Science and Technology* 79: 355-360

Blaschek K., Wendorff WL., Rankin S.A. (2007). Survey of salty and sweet whey composition from various cheese plants in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*, 90, (4), 2029–2034.

Chadrapala J., Chen G.Q., Kezia K., Bowman E.G., Vasiljevic T., Kentish S.E. (2016). Removal of lactate from acid whey using nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, 177:59-64.

Chandan R.C and O'Rell K.R., (2006). Principles of Yogurt Processing In: *Manufacture of Yoghurt and Fermented Milks*, Chandan R.C. White C. H., Kilara A., Hui Y. H. (Eds), Blackwell Publishing

Chanfrau P.J.M., Núñez Pérez J., Lara Fiallos M.V., Rivera Intriago L.M., Abril Porras V.H., Cuaran Guerrero M.J., Trujillo Toledo L.E. (2017). Milk Whey- From a Problematic Byproduct to a Source of Valuable Products for Health and Industry: An Overview from Biotechnology. *La Prensa Medica Argentina*. 103 (4) 1-11.

Chaves-Lopez C., Serio A., Grande-Tovar C. D., Cuervo-Mulet R., Delgado-Ospina J., Paparella A. (2014). Traditional Fermented Foods and Beverages from a Microbiological and Nutritional Perspective: The Colombian Heritage. *Comprehensive reviews in food science and technology* Volume 13, Issue 5 Pages: 771-1123

Chen G. Q., Eschbach F., Weeks M., Gras S. L., Kentish S.E. (2016). Removal of lactic acid from acid whey using electrodialysis. *Separation and Purification Technology* 158: 230–237

Corrieu G. and Béal C. (2016). Yogurt: The Product and its Manufacture, In: *The Encyclopedia of Food and Health* Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.) vol. 5, pp. 617-624. Oxford: Academic Press.

Delzer, G.C., McKenzie SW. Five-Day Biochemical Oxygen Demand. In: DN Myers; FD Wilde, (Eds), *National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data*. Vol. 7.2, Techniques of Water-Resources Investigations Reports: U.S. Geological Survey; 1999.

De Wit (2001). *Lecturers handbook on whey and whey products*. Brussels: Belgium, European Whey Products Association (eds.).

Erickson E. B. (2017). Acid whey: Is the waste product an untapped goldmine? *Chemical & Engineering News* Volume 95 Issue 6 | pp. 26-30

Erkaya T., Baslar M., Sengóla M., Ertugayalar M. F. (2014). Effect of thermosonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage *Ultrasonics Sonochemistry* 23: 406–412

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). Overview of global dairy market developments in 2018, Dairy Market Review.

Fonden R., Leporanda K. Svensson U. (2006). Nordic/Scandinavian Fermented Milk Products, In: *Fermented Milks*, Tamime A.Y. Ed. Blackwell Science.

IDF standard 119/ISO 8070 (2007): Milk and milk products- Determination of calcium, sodium, potassium and magnesium contents – Atomic absorption spectrometric method. Brussels: International Dairy Federation.

IDF standard 42/ISO 9874 (2006): Milk - Determination of total phosphorus content – Method using molecular absorption spectrometry.

Kehagias C., Kalavritinos L., Triadopoulou C. (1992). Effect of pH on the yield and solids recovery of strained yoghurt from goat and cow milk. *Cultured dairy products journal*, August, 10-14.

Kim D. H., Jeong D., Song K.Y., Seo K.H. (2018). Comparison of traditional and backslopping methods for kefir fermentation based on physicochemical and microbiological characteristics *LWT - Food Science and Technology* 97: 503–507

Królczyk J. B., Dawidziuk T., Janiszewska-Turak E., Sołowiej B. (2016). Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review. *Polish Journal of Food Nutrition Sciences.*, Vol. 66, No. 3, pp. 157–165

Macwan S. R., Dabhi B. K., Parmar S.C. , Aparnathi K.D. (2016). Whey and its Utilization *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* vol. 5(8): p. 134-155

Menchik P., Zuber T., Zuber A. & Moraru I. (2018). The acid whey conundrum. *Dairy Foods*, April, 41-43.

Menchik P., Zuber T., Zuber A. & Moraru I. (2019). *Short communication*: Composition of coproduct streams from dairy processing: Acid whey and milk permeate. *Journal of Dairy Science*, 102 (5), 3978-3984.

Moatsou, G., Hatzinaki, A., Samolada, M. and Anifantakis, E. 2005. Major whey proteins in ovine and caprine acid wheys from indigenous Greek breeds. *International Dairy Journal*, 15, 123-131.

Moschopoulou E. & Moatsou G. (2017) Greek Dairy Products: In: "*Mediterranean Food: Composition and Processing*". Rui Cruz & Margarida Vieira (Eds.) CRC Press (Eds), Boca Raton, Florida, USA. pp. 267-320.

Moschopoulou E., Moatsou G., Syrokou M., Paramithiotis S. and Drosinos E. (2019). Food quality changes during shelf life. In: "*Food Quality and Shelf Life*" C. Galanakis (Ed). Academic Press –Elsevier, pp. 1-32.

- McKevith B. and Shortt C. (2003). *FERMENTED MILKS/Other Relevant Products* p.2383-2389, Elsevier Science Ltd.
- Nilsson L.E., Lyck S., Tamime A.Y. (2006). Production of Drinking Products, In: *Fermented Milks*, Tamime A.Y. Ed. Blackwell Science.
- Ozer B. (2006). Production of Concentrated Products, In: *Fermented Milks*, Tamime A.Y. Ed. Blackwell Science.
- Robinson R.K., Lucey J.A., Tamime A.Y. (2006). Manufacture of Yoghurt, In: *Fermented Milks*, Tamime A.Y. Ed. Blackwell Science.
- Robinson R.K. and Tamime A.Y. (2006). Types of Fermented Milk, In: *Fermented Milks*, Tamime A.Y. Ed. Blackwell Science.
- Sakkas L., Moutafi A., Moschopoulou E. & Moatsou G. (2014) Assessment of heat treatment of various types of milk. *Food Chemistry* 159, 293-301
- Schingoethe D.J. (1975). Whey utilization in animal feeding: A summary and evaluation. *J. Dairy Sci.* 59 (3): 556-570.
- Smith S., Smith T. J., Drake M. A. (2016). Short communication: Flavor and flavor stability of cheese, rennet, and acid wheys. *Journal of Dairy Science*, 99:3434–3444
- Tamime A.Y, Hickey M., Muir D.D (2014). Strained fermented milks – A review of existing legislative provisions, survey of nutritional labelling of commercial products in selected markets and terminology of products in some selected countries. *International Journal of Dairy Technology*, Volume 67 No 3 p. 305-333
- Tamime A.Y., Robinson R. K. (1999). *Yogurt Science and Technology*, Woodhead Publishing, second edition.
- Tamime A.Y., Skriver A., Nilsson L.-E. (2006). Starter Cultures, In: *Fermented Milks*, Tamime A.Y. Ed. Blackwell Science.
- Thivend P. (1978). Use of whey in feeding ruminants. Ruminant Nutrition: Selected Articles from the World Animal Review, FAO, Italy [http://www.fao.org/docrep/004/x6512e/X6512E09.htm] [http://www.fao.org/docrep/004/x6512e/X6512E09.htm]
- Tsakali E., Petrotos K., Allesandro A., Goulas P. (2010). A review on whey composition and the methods used for its utilisation for food and pharmaceutical products. In: 6th International conference on simulation and modelling in the food and bio-industry FOODSIM 2010, CIMO Research Centre, Braganca, Portugal, 24–26 June. www.dairyforall.com

Uduwerella G., Chandrapala J., Vasiljevic T. (2017). Minimising generation of acid whey during Greek yoghurt manufacturing. *Journal of Dairy Research* (2017) 84: 346–354.

Uduwerella G., Chandrapala J., Vasiljevicp T. (2018). Reconcentration of yoghurt base by ultrafiltration for reduction in acid whey generation during Greek yoghurt manufacturing. *International Journal of Dairy Technology* Vol 71, No

Walstra P., Wouters J.T.M., Geurts T.J., (2006). *Dairy Science and Technology* Second Edition by Taylor & Francis Group, LLC

Wójciak KM, Krajmas P, Solska E, Dolatowski ZJ. (2015) Application of acid whey and set milk to marinate beef with reference to quality parameters and product safety. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 14(4):293-302.

Wszolek M., Kupiec-Teahan B., Skov Guldager H., Tamime A.Y. (2006). Production of Kefir, Koumiss and Other Related Products, In: *Fermented Milks*, Tamime A.Y. Ed. Blackwell Science.

Zadow, J.G. (2003) Utilization of milk components: whey, in *Modern Dairy Technology, Volume 1. Advances in Milk Processing*, (R.K. Robinson ed.) Elsevier Applied Science Publishers, p. 273–316.

ZoBel D.R. and Burrell W.C., (2002). Producing whey silage for growing and finishing cattles. Utah State University. All Archived Publications. Paper 33. http://digitalcommons.usu.edu/extension_histall/33

Zuber T 2012 Development of an Acid Whey Work Group. In Harvest New York program highlights Quarterly Report, p. 2. Cornell University Cooperative Extension. Accessed 20 April 2016. http://harvestny.cce.cornell.edu/pdf/impacts/pdf2_pdf.pdf

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

Arla Foods: <HTTPS://TINYURL.COM/YD9UOFZA>

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>

https://www.elgo.gr/images/posot_kai_axia_12mino_2018.pdf

<https://www.elgo.gr/index.php/quality-assurance-of-agricultural-products/check-milk?lang=el>

<https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

explained/index.php/Milk_and_milk_product_statistics#Milk_products