**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**
**&**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

« ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΕΞΩΓΕΝΟΥΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ ΑΠΟ ΑΓΕΛΑΔΙΝΟ ΓΑΛΑ

**ΡΟΥΜΑΝΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2016**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΕΞΩΓΕΝΟΥΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ ΑΠΟ ΑΓΕΛΑΔΙΝΟ ΓΑΛΑ

**ΡΟΥΜΑΝΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**<u>Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή</u>**

Μοσχοπούλου Αικατερίνη (Επιβλέπουσα), Λέκτορας ΓΠΑ
Πολίτης Ιωάννης, Καθηγητής ΓΠΑ
Μοάτσου Γκόλφω, Επίκουρος Καθηγήτρια ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ, 2016**

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν στην υλοποίηση της. Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα και καθηγήτρια μου κ. Μοσχοπούλου Αικατερίνη για την καθοδήγηση, το συνεχές ενδιαφέρον της καθώς όμως και τον χρόνο που μου αφιέρωσε κατά την εκτέλεση και συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης.

Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Ζωίδου Ευαγγελία για την αμέριστη βοήθεια της και καθοδήγηση της στις εργαστηριακές αναλύσεις που έλαβαν χώρα στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας. Η επιστημονική γνώση και εμπειρία της ήταν σημαντική για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου μελέτης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Μοάτσου Γκόλφω για την συμβολή της στην ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης. Επιπλέον, τον κ. Λαμπρό Σακκά για την αμέριστη βοήθειά του, καθώς και το Εργαστήριο Γαλακτοκομίας για την φιλοξενία του.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου Χαράλαμπο Δημητριάδη, Μητσιοπούλου Χριστίνα , Ηλέκτρα Χριστοδούλου και Μύρω Ιωάννου για τις ιδέες, συμβουλές και την πολύτιμη βοήθειά τους .

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και την Έλενα Χασάπη για την αμέριστη στήριξη, συμπαράσταση, βοήθεια και την κατανόησή τους καθ' όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Μάιος 2016

Ρουμανάς Δημήτρης

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η προσθήκη σε αγελαδινά γιαούρτια χαμηλής λιποπεριεκτικότητας συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών του ορού (WPC), μίγματος πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολυμάτων (WPH) σε διάφορες αναλογίες και η μελέτη των φυσικοχημικών, μικροβιολογικών, ρεολογικών και βιολειτουργικων ιδιοτήτων τους, κατά τη συντήρησή τους στους $4^{o}$ C για 21 ημέρες.

Συνολικά παρασκευάστηκαν έξι διαφορετικά προϊόντα γιαουρτιού set type με περίπου 1,5 % λιπαρά: α) WPC_A με 1,5 % WPC80 αγελαδινής προέλευσης β) WPC_B με προσθήκη 1% WPC80 αιγοπρόβειας προέλευσης γ) MPM με προσθήκη 2% εμπορικού μίγματος πρωτεϊνών γάλακτος αγελαδινής προέλευσης με συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 82 % που περιείχε συμπυκνωμένη πρωτεΐνη γάλακτος, καζεϊνικά άλατα και WPC δ) WPH_A με προσθήκη 0,25 % υδρολύματος με τρυψίνη του WPC80 αιγοπρόβειας προέλευσης ε) WPH_B1 με προσθήκη 0,5 % εμπορικού υδρολύματος WPI στ) WPH_B2 με προσθήκη 0,25 % εμπορικού υδρολύματος WPI. Τέλος παρασκευάστηκε γιαούρτι μάρτυρας χωρίς προσθήκη πρωτεΐνης γάλακτος .

Το πείραμα επαναλήφθηκε τρείς φορές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ποσοστό της προστιθέμενης πρωτεΐνης επηρέασε κυρίως την περιεκτικότητα σε πρωτείνη και ολικά στερεά όλων των προιόντων.

Η χαμηλότερη τιμή pH παρατηρήθηκε στην περίπτωση του WPH_B2 γιαούρτι, ενώ η υψηλότερη σημειώθηκε στο MPM γιαούρτι σε όλη την διάρκεια της αποθήκευσης.

Οι χαρακτηριστικοί μικροοργανισμοί σε όλα τα γιαούρτια ήταν συνολικά πάνω από $10^{7}$cfu/g, ενώ η προσθήκη του γιαουρτιού με WPHs φάνηκε να αυξάνει την βιολειτουργικότητα του προϊόντος. Τα γιαούρτια που είχαν γίνει με WPHs έδειξαν υψηλότερη ACE ανασταλτική δραστικότητα από εκείνα που έγιναν με άλλες προσθήκες πρωτεϊνών ορού γάλακτος. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το WPH_A γιαούρτι έδειξε σημαντικά ($P < 0,05$ ) υψηλότερη (αντί-υπερτασική) ACE- ανασταλτική δραστηριότητα (72 % ) από ό, τι το γιαούρτι μάρτυρας ή γιαούρτια με άλλες προσθήκες WPHs. Ωστόσο το συγκεκριμένο γιαούρτι (WPH_A) έδειξε τη χαμηλότερη σκληρότητα και συνάφεια σε αντίθεση με το μίγμα των πρωτεινών (δείγμα MPM) το οποίο έδειξε την υψηλότερη. Ο τύπος της προστιθέμενης πρωτεΐνης ορού του γάλακτος δεν επηρέασε την συνεκτικότητα. Η ικανότητα συγκράτησης του νερού (ΙΣΝ) ήταν υψηλότερη σε γιαούρτια εμπλουτισμένα με WPCs και MPM σε σχέση με τα γιαούρτια που ήταν εμπλουτισμένα με WPHs.

Τέλος όλα τα γιαούρτια παρουσίασαν αντιοξειδωτική δράση, όπως ικανότητα δέσμευσης ρίζας DPPH (36-58%), ενώ τέσσερα είδη προϊόντων (WPC_A, MPM, WPH_A και ο μάρτυρας) που εξετάστηκαν ως προς την ικανότητα χήλωσης του $Fe^{2+}$ παρουσίασαν υψηλές τιμές (>70% ) καθόλη τη διάρκεια της διατήρησης στους $4^{o}$C. Ειδικά το γιαούρτι WPH_A

παρουσίασε την υψηλότερη δραστηριότητα χήλωσης του $Fe^{2+}$ ( >90 %). Συμπερασματικά η προσθήκη υδρολύματος πρωτεινών του ορού αιγοπρόβειας προέλευσης στην παρασκευή γιαουρτιού μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη βιολειτουργικότητα του.


**Abstract**

In this research work, six diffeent yoghurt products were manufactured from low fat bovine milk enriched with WPCs, milk protein blends and WPHs as follows: a) 1.5% bovine WPC (80% protein), marked as WPC_A yoghurt, b) 1% ovine/caprine WPC (80% protein), marked as WPC_B yoghurt, c) 2% commercial mixture of milk proteins, i.e. milk protein concentrate/ caseinates /WPC (82% total protein content), marked as MPM yoghurt, d) 0.25% WPC80 of ovine/caprine origin hydrolysed with trypsin, marked as WPH_A yoghurt, e) 0.5% commercial WPH, marked as WPH_B1 yoghurt, f) 0.25% commercial WPH, marked as WPH_B2 yoghurt. All above products were compared to CONTROL yoghurt made without milk enrichement.

The obtained results showed that the products made with WPHs were inferior to WPCs, NPN and Control products redarding the rheological properties. However, the product WPH_A made with the ovine/caprine origin hydrolysed WPC80 showed statistically significant ($P<0.05$) higher ACE-inhibitory activity (>72%) and antioxidant activity (>90%), i.e. Fe2+ chelating activity up to 21 days of storage at $4^{o}C$.



*Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γαλακτοκομίας του ΓΠΑ στα πλαίσια του προγράμματος "Εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών στην παραγωγή γιαουρτιού με αυξημένες βιολειτουργικές ιδιότητες"-**«ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2011»***

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ……σελ.8**

**Α. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ……σελ.9**

**1. Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΓΕΛΑΔΙΝΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ……..σελ.9**

**1.1 Συστήματα εκτροφής – αποδόσεις σε αγελαδινό γάλα ……σελ.9**

**1.2 Στοιχεία της παγκόσμιας και ευρωπαϊκής παραγωγής αγελαδινού γάλακτος …σελ.10**

**1.3 Στοιχεία της ελληνικής παραγωγής αγελαδινού γάλακτος ……...σελ.11**

**2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ……..σελ.14**

**2.1 Το λίπος του γάλακτος ……..σελ.15**

**2.2 Οι πρωτεΐνες του γάλακτος ……..σελ.16**

***2.2.1 Βιοενεργά πεπτίδια ……...σελ.16***

**2.3 Λακτόζη ……..σελ.17**

***2.3.1 Οι υδατάνθρακες εκτός της λακτόζης-ολιγοσακχαρίτες ……σελ17***

**2.4 Τα άλατα ……σελ.17**

**2.5 Οι βιταμίνες ……...σελ.17**

**3. Η ΓΙΑΟΥΡΤΗ Ή ΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ ……σελ.18**

**3.1 Η ιστορία της γιαούρτης ……...σελ.18**

**3.2 Ζυμωμένα προϊόντα γάλακτος: η γιαούρτη ……σελ.18**

***3.2.1 Οι καλλιέργειες της γιαούρτης ……σελ.19***

**3.3 Η ελληνική νομοθεσία σχετικά με το γιαούρτι ……...σελ.19**

**3.4 Η παρασκευή της γιαούρτης ……σελ.21**

***3.4.1 Το γάλα που προορίζεται για την παρασκευή της γιαούρτης ……....σελ. 21***

***3.4.2 Τα στάδια παρασκευής της γιαούρτης ……....σελ.21***

***3.4.3 Οι τύποι της γιαούρτης στην Ελλάδα ……..σελ.22***

**3.5. Ευεργετικές ιδιότητες της γιαούρτης ……σελ.23**

**4. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΕΞΩΓΕΝΟΥΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ……..σελ.26**

**4.1 Προσθήκη σκόνης γάλακτος (MP) ……..σελ.26**

**4.2 Προσθήκη σκόνης άπαχου γάλακτος (SMP) ……...σελ.27**

**4.3 Προσθήκη σκόνης τυρογάλακτος (WP) ……..σελ.27**

**4.4 Προσθήκη απομονωμένης πρωτεΐνης ορού του γάλακτος (WPI) ……σελ.28**

**4.5 Προσθήκη υδρολυμένης πρωτεΐνης ορού του γάλακτος (WPH) ……..σελ.29**

**4.6 Προσθήκη τροποποιημένης πρωτεΐνης ορού του γάλακτος (MWP ) ……..σελ.29**

**4.7 Προσθήκη σκόνης καζεΐνης ……σελ.29**

**5. ΒΙΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ ……...σελ.30**

**Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ…… σελ. 31**

**6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ……σελ.31**
**6.1 Υλικά και διαδικασία παρασκευής των γιαουρτιών ……..σελ.31**
**6.2 Δειγματοληψία – Αναλύσεις ……σελ.32**
***6.2.1 Φυσικοχημικές αναλύσεις ……....σελ.33***
***6.2.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις ……σελ.33***
***6.2.3 Ρεολογικές αναλύσεις ……...σελ.33***
***6.2.4 Προσδιορισμός της ικανότητας συγκράτησης ορού (water holding capacity, WHC) ……σελ.34***
***6.2.5 Προσδιορισμός της ACE ανασταλτικής δραστικότητας (ACE-inhibitory activity) ……σελ.34***
***6.2.6 Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας ……..σελ.34***
**6.3 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ……σελ.37**
**7.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ ……σελ.38**
**7.1. Φυσικοχημική σύσταση ……σελ.38**
**7.2 Μικροβιολογική σύσταση ……σελ.42**
**7.3 Ρεολογικά χαρακτηριστικά ……..σελ.43**
**7.3.1** ***Ικανότητα συγκράτησης νερού ……....σελ.43***
***7.3.2 Σκληρότητα, συνεκτικότητα και συνάφεια ……...σελ.45***
**7.4 ACE - ανασταλτική δραστικότητα (ACE-inhibitory activity) ……..σελ.48**
**7.5 Αντιοξειδωτικές ιδιότητες ……...σελ.52**
***7.5.1 Δεσμευτική ικανότητα ριζών DPPH$^{+}$ ……σελ.53***
***7.5.2 $Fe^{2+}$ chelating activity ……...σελ.55***
**8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ……..σελ.58**
**9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ……σελ.59**
**Ελληνική Βιβλιογραφία ……..σελ.59**
**Ξένη Βιβλιογραφία ……..σελ.60**
**Websites ……...σελ.65**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα θεωρούνται τρόφιμα υγιεινά με ιδιαίτερη θρεπτική αξία. Η γιαούρτη το πιο δημοφιλές ζυμωμένο γαλακτοκομικό προϊόν είναι προϊόν ζύμωσης του γάλακτος από τα θερμόφιλα βακτήρια *Lactobacillus delbruekii spp. bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*. Οι ευεργετικές ιδιότητες γιαουρτιού προέρχονται από τη δράση των ζώντων μικροοργανισμών και τη σύσταση του τελικού προϊόντος. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά συμβάλλουν σημαντικά στην ποιότητα της γιαούρτης.

Η πρόοδος που σημειώθηκε την τελευταία κυρίως δεκαετία στην τεχνολογία της παραγωγής γιαούρτης, είχε σαν αποτέλεσμα τη παραγωγή νέων τύπων γιαούρτης η οποία συνίσταται στον εμπλουτισμό με συστατικά που βελτιώνουν τη δομή της και προσδίδουν ιδιαίτερες βιολειτουργικές ιδιότητες στο προϊόν.

Σαν πρώτη υλη για την παρασκευή βιομηχανικού τύπου γιαούρτης συμπαγούς δομής (set type) χρησιμοποιείται συνήθως το αγελαδινό γάλα. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η παρασκευή γιαουρτιών τύπου set από αγελαδινό γάλα λιποπεριεκτικότητας 1,5% με προσθήκη συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών ορού (WPCs) αγελαδινής ή αιγοπρόβειας προέλευσης, μίγματος πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολυμάτων των πρωτεϊνών του ορού (WPHs) σε διάφορες αναλογίες και η μελέτη της επίδρασής τους στα φυσικοχημικά, μικροβιολογικά, ρεολογικά και βιολειτουργικά χαρακτηριστικά τους κατά τη συντήρησή τους στους $4^{o}$ C για 21 ημέρες.

## Α. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

## 1. Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΓΕΛΑΔΙΝΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Η αγελαδοτροφία διακρίνεται σε γαλακτοπαραγωγό, που έχει ως κύριο σκοπό την παραγωγή γάλακτος, και την κρεατοπαραγωγό, με αποκλειστικό σκοπό την παραγωγή κρέατος.

Η αγελαδοτροφία στην Ελλάδα αποτελεί, στο σύνολο της, βασικό κλάδο της ζωικής παραγωγής. Παράγει το 40% της συνολικής ποσότητας του γάλακτος εγχώριας παραγωγής ενώ τα υπόλοιπα 35% και 25% προέρχονται από την εκτροφή προβάτων και αιγών αντίστοιχα.

Η συστηματική γαλακτοπαραγωγός αγελαδοτροφία άρχισε να αναπτύσσεται σταδιακά στην χωρά μας μεταπολεμικά, όπως και σε ολόκληρη την Ευρώπη. Πριν το 1940 ο συνολικός πληθυσμός των εκτρεφόμενων αγελάδων απαρτίζονταν στην πλειονότητα του από την εγχώρια φυλή με πολλές τοπικές παραλλαγές. Οι αποδόσεις των ζώων αυτών ήταν πολύ μικρές και τα ζώα χρησιμοποιούνταν πρωτίστως για εργασία.

Η όλο και μεγαλύτερη αστικοποίηση του αγροτικού πληθυσμού σε συνδυασμό με την άνοδο του βιοτικού επιπέδου, είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης του γάλακτος, η οποία δεν μπορούσε να καλυφθεί με την προηγουμένη από τα εκτρεφόμενα ζώα ποσότητα. Για τον λόγο αυτό άρχισε η προσπάθεια αναβάθμισης του εγχώριου πληθυσμού, στα κέντρα γενετικής βελτίωσης με ταύρους από το εξωτερικό.

Με αυτό τον τρόπο άλλαξε ριζικά η σύνθεση του βόειου πληθυσμού στην χώρα μας. Οι εκτρεφόμενες, σήμερα, στην χώρα μας αγελάδες γαλακτοπαραγωγής είναι κυρίως η Χολστάιν – Φρίζιαν (Παπαδόπουλος, 2011).

### 1.1 Συστήματα εκτροφής – αποδόσεις σε αγελαδινό γάλα

Η παραγωγή του αγελαδινού γάλακτος στην Ελλάδα γίνεται ως επί το πλείστον σε εντατικά συστήματα εκτροφής. Οι αγελάδες που εκτρέφονται σε εντατικά συστήματα διατηρούνται σε εσωτερικούς κλειστούς χώρους όπου εφαρμόζεται και σύστημα αρμέγματος. Η διατροφή των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής βασίζεται σε ζωοτροφές συμπυκνωμένες, ενσίρωμα καλαμποκιού και σανό, εντός του στάβλου, και τα ζώα σπάνια έχουν πρόσβαση σε βοσκότοπους. Οι εκτροφές αυτές έχουν υψηλό επενδυτικό κεφάλαιο και τα ζώα είναι υψηλής γενετικής αξίας (Zervas, 2015).

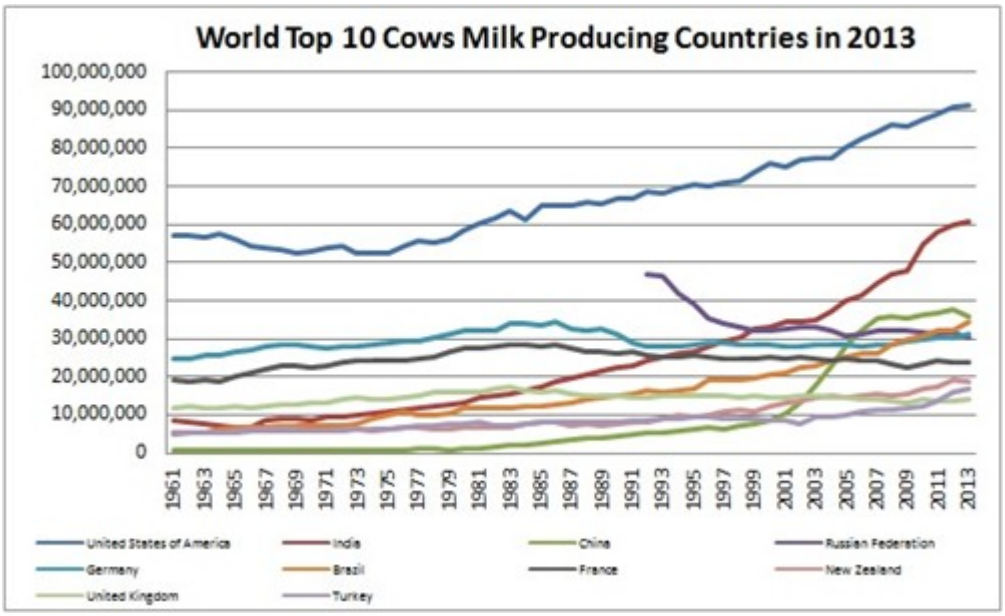
Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο εντατικό σύστημα εκτροφής συναντώνται φυλές βελτιωμένων αποδόσεων όπως της Χολστάιν ή Χολστάιν Φρίζιαν όπου η μέση παραγωγή ανά γαλακτική περίοδο υπερβαίνει τους 7 τόννους και σε ορισμένες περιπτώσεις τους 10 τόννους (Κατσαούνης, 2000).

Επίσης το εντατικό σύστημα εκτροφής χαρακτηρίζεται από σύγχρονες εγκαταστάσεις (αμελκτήρια, παγολεκάνες για την ψύξη του γάλακτος) και εφαρμογή ισόρροπων σιτηρεσίων και έχει εξελιχθεί λόγω της χρήσης διάφορων επενδυτικών σχεδίων. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της μικροβιακής ποιότητας του παραγόμενου γάλακτος (Κεχαγιάς, 2011).

### 1.2 Στοιχεία της παγκόσμιας και ευρωπαϊκής παραγωγής αγελαδινού γάλακτος

Η παγκόσμια παραγωγή αγελαδινού γάλακτος, σύμφωνα με στοιχεία από το FAO, το 2013 ανήλθε σε περίπου 636 εκατομμύρια τόνους με δέκα χώρες παραγωγής να αντιπροσωπεύουν το 56,1% της παραγωγής.

Οι ΗΠΑ είναι η μεγαλύτερη παραγωγός αγελαδινού γάλακτος στον κόσμο, αντιπροσωπεύοντας το 14,4% της παγκόσμιας παραγωγής. Το 2013 παρήγαγαν πάνω από 91 εκατομμύρια τόνους, σημειώνοντας αύξηση 0,4% σε σύγκριση με το 2012. Η Ινδία είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός αγελαδινού γάλακτος, αντιπροσωπεύοντας το 9,5% της παγκόσμιας παραγωγής και παραγωγή περίπου στα 61 εκατομμύρια τόνους το 2013. Το Ηνωμένο Βασίλειο καταλαμβάνει την 10η θέση στην παγκόσμια κατάταξη παραγωγής παράγοντας το 2013 πάνω από 14 εκατομμύρια τόνους και αντιπροσωπεύει το 2,2% της παγκόσμιας παραγωγής αγελαδινού γάλακτος. Από τις κορυφαίες δέκα χώρες παραγωγής γάλακτος, η Τουρκία και η Βραζιλία έχουν δείξει το μεγαλύτερο ποσοστό ανάπτυξης 2012-2013 με 4,2 % και 6,0 %, αντίστοιχα. Εν τω μεταξύ, η παραγωγή της Κίνας μειώθηκε κατά 5,6 % κατά την ίδια περίοδο.



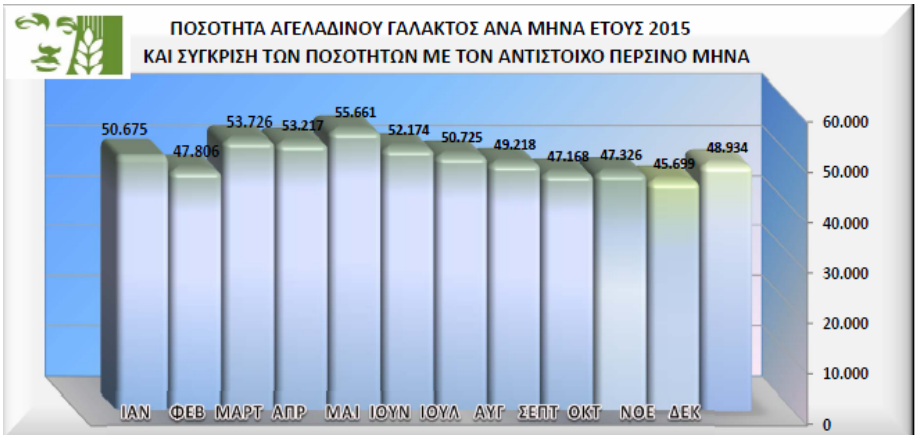

**Εικόνα 1.1** Στοιχεία χωρών με την μεγαλύτερη παραγωγή αγελαδινού γάλακτος για το 2013. Πηγή: http://www.FAO.com

**Πίνακας 1.1** Χώρες με την μεγαλύτεροι παραγωγή αγελαδινού γάλακτος στον κόσμο για το 2011-13. Πηγή: http://www.FAO.com

| World's Top 10 Cow's Milk Producing Countries in 2011-13 (Tonnes) | | | |
|---|---|---|---|
| | 2011 | 2012 | 2013 |
| United States of America | 89,015,235 | 90,865,000 | 91,271,058 |
| India | 57,770,000 | 59,805,250 | 60,600,000 |
| China | 36,928,896 | 37,784,491 | 35,670,002 |
| Brazil | 32,096,214 | 32,304,421 | 34,255,236 |
| Germany | 30,323,465 | 30,506,929 | 31,122,000 |
| Russian Federation | 31,385,732 | 31,500,978 | 30,285,969 |
| France | 24,361,095 | 23,998,422 | 23,714,357 |
| New Zealand | 17,339,000 | 19,129,000 | 18,883,000 |
| Turkey | 13,802,428 | 15,977,837 | 16,655,009 |
| United Kingdom | 13,849,000 | 13,843,000 | 13,941,000 |
| World | 616,956,092 | 630,183,853 | 635,575,895 |

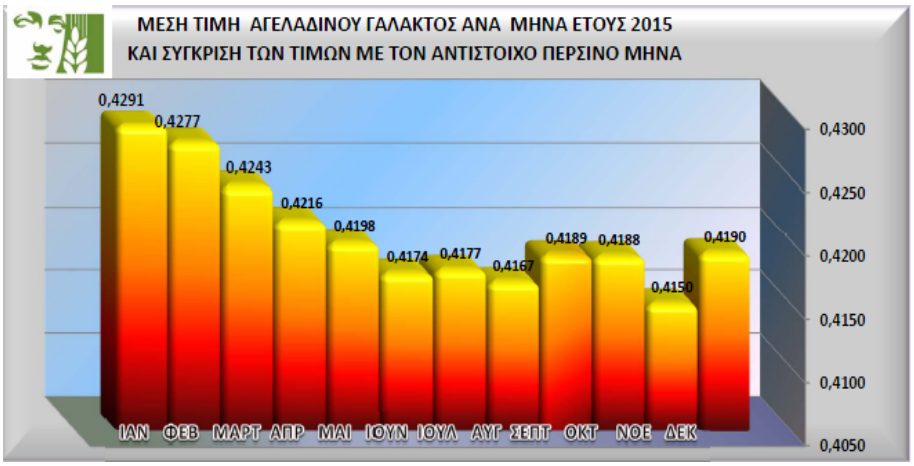
### 1.3 Στοιχεία της ελληνικής παραγωγής αγελαδινού γάλακτος

Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΕΛΟΓΑΚ, η ελληνική παραγωγή αγελαδινού γάλακτος ανέρχεται στα 602.329 τόνους για το 2015 και η μέση τιμή του ανά κιλό σε 0.436 - 0.420 ευρώ για τα έτη 2014 - 2015 αντίστοιχα, όπως απεικονίζεται στις Εικόνες 1.2 και 1.3.




| | ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ | |
|---|---|---|
| ΜΗΝΑΣ | 2014 | 2015 |
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 53.619 | 50.675 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 50.097 | 47.806 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 56.731 | 53.726 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 55.598 | 53.217 |
| ΜΑΙΟΣ | 56.212 | 55.661 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 52.365 | 52.174 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 52.836 | 50.725 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 50.563 | 49.218 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 46.927 | 47.168 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 47.873 | 47.326 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 45.901 | 45.699 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 48.913 | 48.934 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 617.634 | 602.329 |

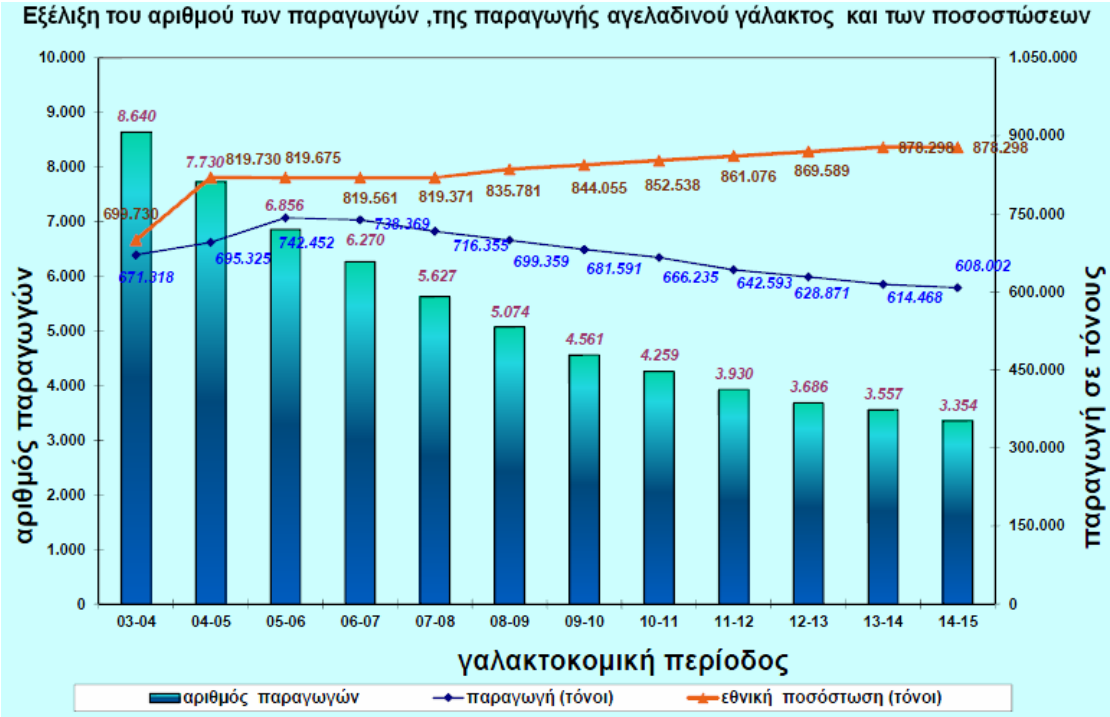
**Εικόνα 1.2** Ποσότητα αγελαδινού γάλακτος ανά μήνα για το 2015. Πηγή : ΕΛΟΓΑΚ




| | ΤΙΜΗ ΣΕ € | |
|---|---|---|
| ΜΗΝΑΣ | 2014 | 2015 |
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 0,4518 | 0,4291 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 0,4513 | 0,4277 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 0,4467 | 0,4243 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 0,4361 | 0,4216 |
| ΜΑΙΟΣ | 0,4330 | 0,4198 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 0,4314 | 0,4174 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 0,4294 | 0,4177 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 0,4286 | 0,4167 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 0,4297 | 0,4189 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 0,4316 | 0,4188 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 0,4337 | 0,4150 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 0,4320 | 0,4190 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 0,4365 | 0,4206 |

**Εικόνα 1.3** Μέση τιμή αγελαδινού γάλακτος για το 2014- 2015. Πηγή: ΕΛΟΓΑΚ

Όπως φαίνεται σημειώνεται μία πτωτική τάση στην παραγωγή αγελαδινού γάλακτος στην ελληνική αγορά για το 2015 σε σχέση με το 2014 παρά την πτώση της τιμής του. Το παράδοξο γεγονός αυτό σχετίζεται άμεσα με την οικονομική κρίση της χώρας μας.




**Εικόνα 1.4** Η εξέλιξη του αριθμού των παραγωγών αγελαδινού γάλακτος. Πηγή: ΕΛΟΓΑΚ

Στην εικόνα 1.4 παρατηρείται ότι ο αριθμός των παραγωγών αγελαδινού γάλακτος την τελευταία πενταετία έχει μειωθεί αισθητά. Επίσης παρατηρείται μείωση στην ποσότητα του παραγόμενου γάλακτος η οποία σε καμμιά περίπτωση δεν πλησιάζει την εθνική ποσόστωση που υπήρχε.

## 2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius του FAO, ως γάλα ορίζεται η φυσιολογική έκκριση του μαστού που λαμβάνεται από μια ή περισσότερες αμέλξεις, χωρίς καμία προσθήκη ή αφαίρεση, η οποία προορίζεται να καταναλωθεί ως πόσιμο γάλα ή για περαιτέρω επεξεργασία. Γαλακτοκομικό προϊόν είναι το προϊόν που προκύπτει από οποιαδήποτε επεξεργασία του γάλακτος, το οποίο μπορεί να περιέχει πρόσθετα τρόφιμα ή άλλα συστατικά απαραίτητα για την προετοιμασία του.

Σύμφωνα με τον ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2003) γάλα είναι το απαλλαγμένο από πρωτόγαλα προϊόν της ολοσχερούς χωρίς διακοπής άμελξης υγιούς γαλακτοφόρου ζώου, που ζει και τρέφεται υπό υγιεινούς όρους και που δεν βρίσκεται σε κατάσταση υπερκόπωσης, με τον όρο «γάλα» απλά, χωρίς να συνοδεύεται από κάποιο επίθετο, νοείται αποκλειστικά και μόνο το γάλα το οποίο:

- Προέρχεται από αγελάδα
- Είναι νωπό
- Είναι πλήρες
- Δεν έχει υποστεί αφυδάτωση ή συμπύκνωση
- Δεν περιέχει άλλες πρόσθετες ύλες.

Το γάλα και τα προϊόντα του αποτελούν βασικό στοιχείο της διατροφής του ανθρώπου σε όλες τις ηλικίες του. Επιπλέον θεωρούνται ως τρόφιμα με υψηλή διατροφική αξία τα οποία παρέχουν στον οργανισμό μεγάλη ποσότητα θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με το ενεργειακό τους περιεχόμενο. Επίσης το γάλα, εκτός από την θρεπτική του αξία, έχει βρεθεί ότι περιέχει αρκετά βιολογικά συστατικά τα οποία ασκούν σημαντικές φυσιολογικές και βιοχημικές λειτουργίες, οι οποίες έχουν καθοριστικές επιδράσεις στον ανθρώπινο μεταβολισμό και την υγεία (Gobbetti et al. 2007).

Τα συστατικά του αγελαδινού γάλακτος χωρίζονται σε κύρια και δευτερεύοντα των οποίων η ενδεικτική συγκέντρωση παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1

1. Κύρια συστατικά:
    - Νερό(87.7%)
    - Λίπος (3.7%)
    - Λακτόζη (4.7%)
    - Πρωτεΐνες (3.2%) καζεΐνες, πρωτεΐνες του ορού
    - Ανόργανα στοιχεία (0.7%)

2. Δευτερεύοντα συστατικά:

- Αέρια
- Λιπίδια
- Ενδογενή ένζυμα
- Λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές βιταμίνες
- Μη- πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες
- Ιχνοστοιχεία
- Ορμόνες
- Μικροοργανισμοί
- Σωματικά κύτταρα

**Πίνακας 2.1** Μερικά από τα συστατικά του αγελαδινού γάλακτος (ενδεικτική περιεκτικότητα)

| Συστατικά | % περιεκτικότητα |
|---|---|
| Στερεά συστατικά άνευ λίπους | 8.65 |
| Λακτόζη | 4.75 |
| Λίπος | 3.75 |
| Πρωτεΐνες | 3.25 |
| Μεταλλικά στοιχεία | 0.65 |
| Οργανικά οξέα | 0.18 |
| Ασβέστιο | 1250 (mg/l) |
| Φωσφόρος | 1000 (mg/l) |
| Κάλιο | 1500 (mg/l) |
| Χλώριο | 1050 (mg/l) |
| Βιταμίνη Α | 0.4 (mg/l) |
| Ριβοφλαβίνη Β2 | 1.75 (mg/l) |
| Βιταμίνη C | 21.1 (mg/l) |

## 2.1 Το λίπος του γάλακτος

Το λίπος του γάλακτος αποτελείται κυρίως από τριγλυκερίδια, τα λιπαρά οξέα των οποίων διαφέρουν πολύ ως προς το μέγεθος. Σε μικρότερες συγκεντρώσεις απαντώνται και άλλα λιπίδια, όπως φωσφολιπίδια, χοληστερόλη, ελεύθερα λιπαρά οξέα και διγλυκερίδια.

Επίσης το λίπος βρίσκεται στο γάλα με την μορφή γαλακτωματοποιημένων σφαιρικών σωματιδίων διαμέτρου 0.1- 10 μm, τα οποία περιβάλλονται από μεμβράνη και ονομάζονται λιποσφαίρια.

Τέλος το λίπος του γάλακτος είναι πολύ σημαντικό συστατικό καθώς:

- Αποτελεί πηγή ενέργειας καθώς και των βασικών δομικών υλών για τις κυτταρικές μεμβράνες των νεογέννητων όλων των ειδών θηλαστικών.

- Είναι πηγή απαραίτητων λιπαρών οξέων και λιποδιαλυτών βιταμινών
- Διαμορφώνει τα ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαλακτοκομικών προϊόντων.
- Έχει οικονομική σημασία, αφού είναι ένα από τα κύρια συστατικά του γάλακτος με καθοριστική σημασία για την τιμή του.

## 2.2 Οι πρωτεΐνες του γάλακτος

Το 80% των πρωτεϊνών του γάλακτος αποτελεί την καζεΐνη, η οποία είναι μίγμα περίπου 10 διαφορετικών συστατικών και είναι αδιάλυτη σε pH 4.6.

Το υπόλοιπο 20% των πρωτεϊνών που είναι διαλυτό σε pH 4.6 αποτελείται από τις πρωτεΐνες του ορού.

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος συγκροτούν ένα πολύπλοκο μίγμα, του οποίου τα επιμέρους συστατικά απομονώνονται δύσκολα. Θεωρούνται από πολλούς ερευνητές το πιο σημαντικό συστατικό του γάλακτος επειδή:

- Είναι κύρια συστατικά του γάλακτος, η σταθερότητα των οποίων είναι αποτέλεσμα τις μικκυλιακής δομής των καζεϊνών.
- Έχουν μοναδικές ιδιότητες που επιτρέπουν τη μετατροπή του γάλακτος σε προϊόντα με εντελώς διαφορετικές ιδιότητες όπως το γιαούρτι και το τυρί.
- Είναι από διατροφικής άποψης το πιο σημαντικό συστατικό του γάλακτος καθώς εκτός από απαραίτητα αμινοξέα παρέχουν ασβέστιο στον οργανισμό, ενώ ορισμένες από αυτές παρουσιάζουν ειδικές βιολογικές δράσεις (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2014).

### *2.2.1 Βιοενεργά πεπτίδια*

Ένα μεγάλο μέρος της βιολογικής αξίας του γάλακτος οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελεί πηγή βιοενεργών πεπτιδίων. Τα βιοενεργά πεπτίδια έχουν οριστεί ως ειδικά πρωτεϊνικά τμήματα που ασκούν θετική επίδραση στην λειτουργία του οργανισμού (Kitts and Weieler, 2003).

Ο καταναλωτής μπορεί να προσλάβει τα βιονεργά πεπτίδια από συμβατικά τρόφιμα, συμπληρώματα διατροφής, λειτουργικά τρόφιμα ή φαρμακευτικά σκευάσματα. Τα πεπτίδια είναι ανενεργά όταν είναι ενσωματωμένα στην αμινοξική ακολουθία της μητρικής πρωτεΐνης και γίνονται ενεργά όταν απελευθερώνονται από αυτή, με τους εξής τρόπους:

- Μέσω της υδρόλυσης των πρωτεϊνών από τα ένζυμα του πεπτικού συστήματος.
- Μέσω της υδρόλυσης από πρωτεολυτικούς μικροοργανισμούς.
- Μέσω της πρωτεόλυσης με μικροβιακά ή φυτικά ένζυμα (Korhonen and Pihlanto, 2007).

Τα βιοενεργά πεπτίδια ασκούν σημαντικές βιολογικές λειτουργίες στο γαστρεντερικό σύστημα, στο καρδιαγγειακό, ενδοκρινολογικό, ανοσοποιητικό και το νευρικό.

## 2.3 Λακτόζη

Η λακτόζη είναι ο χαρακτηριστικός υδατάνθρακας του γάλακτος. Είναι αναγωγικός δισακχαρίτης που αποτελείται από γλυκόζη και γαλακτόζη.

Συναντάται μόνο στο γάλα και εφοδιάζει με ενέργεια τον ανθρώπινο οργανισμό. Ο ρόλος που διαδραματίζει στη διατροφή του ανθρώπου είναι σημαντικός καθώς ενισχύει την απορρόφηση συγκεκριμένων μεταλλικών στοιχείων όπως του σιδήρου, του μαγνησίου, του ψευδαργύρου κ.α. από το βλεννογόνο του λεπτού εντέρου (Καμιναρίδης και Μοάτσου,2014) Επίσης, συμβάλει μαζί με την βιταμίνη D στην απορρόφηση του ασβεστίου και του φωσφόρου του γάλακτος (Shah, 2013).

### *2.3.1 Οι υδατάνθρακες εκτός της λακτόζης-ολιγοσακχαρίτες*

Εκτός από την λακτόζη υπάρχουν στο γάλα και μικρές ποσότητες γλυκόζης, γαλακτόζης και ολιγοσακχαριτών. Οι ολιγοσακχαρίτες είναι υδατάνθρακες που αποτελούνται από 3-10 μονοσακχαρίτες ενωμένους με γλυκοζιτικούς δεσμούς. Θεωρούνται ότι είναι διαλυτές ίνες, καθώς και ότι ορισμένοι από αυτούς, ιδιαίτερα οι τετρασακχαρίτες και πεντοσακχαρίτες ενισχύουν την ανάπτυξη ορισμένων στελεχών του *Bifidobacterium bifidus* σε βάρος των παθογόνων μικροοργανισμών. Επιπλέον, διαδραματίζουν πιθανότατα και κάποιο ρόλο στην ανάπτυξη του εγκεφάλου των νεογνών (Μοάτσου, 2014).

## 2.4 Τα άλατα

Το γάλα προμηθεύει τον οργανισμό με όλα τα απαραίτητα μεταλλικά στοιχεία. Αρκετά από τα κύρια άλατα και τα ιχνοστοιχεία έχουν βιοενεργό ρόλο στην φυσιολογία και το μεταβολισμό του ανθρωπίνου σώματος. Υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ των συγκεκριμένων συστατικών και την εμφάνιση ασθενειών όπως η υπέρταση, η οστεοπόρωση, τα καρδιαγγειακά προβλήματα κ.α. Έξι κύρια άλατα και οχτώ δευτερεύοντα, έχουν αναγνωριστεί ως βασικά για την ανάπτυξη, το μεταβολισμό και την εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων. Τα έξι μικροστοιχεία είναι το ασβέστιο, ο φωσφόρος, το νάτριο, το κάλιο, το χλώριο και το μαγνήσιο. Τα οχτώ ιχνοστοιχεία είναι ο σίδηρος, το ιώδιο, ο χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το κοβάλτιο, το σελήνιο και το χρώμιο (Underwood, 1977).

## 2.5 Οι βιταμίνες

Στο γάλα περιέχονται όλες οι βιταμίνες (A, D, B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, C ), πολλές εκ των οποίων σε σημαντικές ποσότητες σε σχέση με τις ημερήσιες ανάγκες του ανθρώπινου οργανισμού (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2014).

## 3. Η ΓΙΑΟΥΡΤΗ Ή ΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ

Τα ζυμωμένα όξινα προϊόντα γάλακτος είναι τα προϊόντα γάλακτος που παράγονται με την οξυγαλακτική ζύμωση ή με την οξυγαλακτική και αλκοολική ζύμωση της λακτόζης του γάλακτος. Ανάλογα με το είδος της ζύμωσης και το είδος των μικροοργανισμών που χρησιμοποιείται διακρίνονται σε διάφορα προϊόντα. Το συνηθέστερο προϊόν είναι το γιαούρτι, άλλα προϊόντα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι το κεφίρ, το ξινόγαλα, τα τυριά κ.α. (Καμιναρίδης, 2014).

### 3.1 Η ιστορία της γιαούρτης

Για την ιστορία της γιαούρτης δεν υπάρχουν συγκεκριμένες πληροφορίες για την προέλευση της, έχει επικρατήσει η αντίληψη ότι η ζύμωση αποτέλεσε την πρώτη τεχνική που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο με σκοπό τη συντήρηση του γάλακτος. Έχει αναφερθεί ότι τα ζυμώμενα γάλατα προέρχονται από την Μέση Ανατολή. Επίσης, πιστεύεται ότι Τούρκοι νομάδες παρασκεύασαν πρώτοι γιαούρτι και η πρώτη καταγεγραμμένη λέξη για το προϊόν αυτό ήταν «yoghurut» τον 8μ.Χ. αιώνα (Shah, 2013).

Στις αρχές του 1500 μ.Χ. εμφανίστηκε για πρώτη φορά το γιαούρτι στην Ευρώπη. Ωστόσο οι Ευρωπαϊκές χώρες εξακολουθούσαν να μην γνωρίζουν την αξία της συγκεκριμένης τροφής η οποία ήταν γνωστή στις Βαλκανικές χώρες αιώνες πριν.

Η έρευνα για το γιαούρτι άρχισε λίγο πριν το 1890 όταν η μικροβιολογία έκανε τα πρώτα της βήματα. Τότε το επιστημονικό ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στην μελέτη της μικροβιακής χλωρίδας των όξινων προϊόντων (Park, 2009).

### 3.2 Ζυμωμένα προϊόντα γάλακτος: η γιαούρτη

Το γιαούρτι είναι προϊόν ζύμωσης του γάλακτος από τα θερμόφιλα βακτήρια *Lactobacillus delbruekii spp. bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus.* Τα δυο αυτά οξυγαλακτικά βακτήρια αποτελούν την καλλιέργεια εκκίνησης του γιαουρτιού και όταν χρησιμοποιούνται μαζί, αναπτύσσονται και παράγουν γρήγορα οξύτητα (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2014).

Κατά την παρασκευή του γιαουρτιού, το pH μειώνεται συνεχώς και όταν φθάσει στο ισηλεκτρικό σημείο των καζεϊνών (pH=4.6) τότε μειώνεται το αρνητικό φορτίο των καζεϊνικών μικκυλίων και ο ρυθμός διαλυτοποίησης του κολλοειδούς φωσφορικού ασβεστίου αυξάνεται, οδηγώντας στην απομάκρυνση του προστατευτικού στρώματος των υδρόφιλων τμημάτων της κ-καζεΐνης. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των ηλεκτροστατικών απώσεων και της στερεοχημικής σταθεροποίησης, ενώ, παράλληλα αυξάνονται οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις καζεΐνες και σχηματίζεται ένα τρισδιάστατο δίκτυο (Karam et al. 2013).

Το συνεκτικό αυτό δίκτυο μετατρέπεται σε πήγμα που περικλείει το σύνολο του νερού και των συστατικών του γάλακτος (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2014).

### *3.2.1 Οι καλλιέργειες της γιαούρτης*

Οι καλλιέργειες είναι ζωντανοί οργανισμοί που προστίθενται στο γάλα με το σκοπό να επιφέρουν σε αυτό επιθυμητές μεταβολές που είναι απαραίτητες για την παρασκευή των προϊόντων. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται συνήθως στην παρασκευή ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων είναι τα οξυγαλακτικά βακτήρια.

Τα οξυγαλακτικά βακτήρια ζυμώνουν τη λακτόζη και οδηγούν στο σχηματισμό του γαλακτικού οξέος, καθώς και διάφορων άλλων ουσιών. Το γαλακτικό οξύ προσδίδει στα ζυμώμενα προϊόντα την όξινη γεύση και συμβάλλει στο πήξιμο του γάλακτος. Επίσης το χαμηλό pH που χαρακτηρίζει τα συγκεκριμένα προϊόντα παρεμποδίζει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών. Τα γαλακτικά βακτήρια παράγουν αρωματικές ουσίες και η πρωτεολυτική και λιπολυτική τους δράση, συμβάλλουν στη διαμόρφωση των ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Κεχαγιάς, 2011).

## 3.3 Η ελληνική νομοθεσία σχετικά με το γιαούρτι

Ως γιαούρτι κατά την ελληνική νομοθεσία (Κ.Τ.Π. 2010) χαρακτηρίζεται: το προϊόν το οποίο προκύπτει μετά από πήξη αποκλειστικά και μόνο νωπού γάλακτος της αντίστοιχης προς την ονομασία φύσης και προέλευσης, με την επίδραση καλλιέργειας ζύμης που προκαλεί ειδική γι' αυτό ζύμωση. Το γιαούρτι πρέπει να περιέχει λίπος και στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους (ΣΥΑΛ) σε ποσοστό ανώτερο κατά 10% τουλάχιστον από τα όρια που καθορίζονται στο αρθρο80 (παράγραφος 3) των αντίστοιχων ειδών γάλακτος, από τα οποία παρασκευάστηκε αυτό.

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius (FAO/WHO, 1977a) το γιαούρτι ορίζεται ως: πηγμένο γαλακτοκομικό προϊόν που παράγεται με γαλακτική ζύμωση του γάλακτος με την δράση του *Lactobacollus bulgaricus* και του *Streptococcus thermophilus*. Οι μικροοργανισμοί αυτοί πρέπει να είναι στο τελικό προϊόν άφθονοι και ζωντανοί.

Επιπλέον σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία ( Κ.Τ.Π. 2003), το γιαούρτι κάθε είδους όταν έρχεται στην κατανάλωση πρέπει να πληροί τους ορούς:

- Να είναι συμπαγές, όχι πορώδες και η επιφάνεια της μάζας του, εκτός από τον υμένα να εμφανίζει την όψη αλάβαστρου.

- Το γιαούρτι που πωλείται σε δοχεία πρέπει να καλύπτεται πάντα με φύλλο από αδιάβροχο χαρτί ή από τα άλλα επιτρεπόμενα είδη.

- Απαγορεύεται η πώληση γιαουρτιού που έχει αντιληπτό ίζημα. Σε περίπτωση που κατά την εξέταση διαπιστωθεί τέτοιο ίζημα πρέπει με μικροσκοπική εξέταση να διευκρινίζεται αν αυτό οφείλεται σε ξένες ουσίες προς το γιαούρτι.

- Απαγορεύεται η πώληση γιαουρτιού που έχει υποστεί και κάποια άλλη ζύμωση εκτός από την ειδική γι' αυτό.

- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού του οποίου οι οργανοληπτικές ιδιότητες δεν είναι οι κανονικές και ευχάριστες.

- Απαγορεύεται η προσφορά για πώληση και διάθεση γενικά στην κατανάλωση, γιαουρτιού χρωματισμένου με οποιοδήποτε χρωστική ή με κάποιο άλλο μέσο.

- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει συντηρητικές ουσίες, γενικά.

- Απαγορεύεται η παρασκευή και διάθλαση στην κατανάλωση γιαουρτιού που παρασκευάστηκε από διατηρημένο γάλα γενικά, με εξαίρεση το αποστειρωμένο γάλα και το γάλα κατάψυξης.

- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει ζάχαρη.

Η διάρκεια συντηρήσεως του γιαουρτιού μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 6 εβδομάδες και αυτό εξαρτάται:

1. Από την θερμοκρασία συντηρήσεως
2. Από την αρχική τιμή του pH
3. Από τις επιμολύνσεις
4. Από την μέθοδο παραγωγής και το είδος της συσκευασίας.

Στην πράξη ο χρόνος συντηρήσης κυμαίνεται από 3 έως 5 εβδομάδες. Ο κώδικας τροφίμων και ποτών δίνει τον ενδεικτικό χρόνο συντήρησης 15 ημέρων σε θερμοκρασία 0-2ºC. Μετά το χρονικό διάστημα αυτό το γιαούρτι γίνεται ακατάλληλο κυρίως λόγω υπερ-οξίνισης και διαχωρισμού του ορού.

## 3.4 Η παρασκευή της γιαούρτης

### *3.4.1 Το γάλα που προορίζεται για την παρασκευή της γιαούρτης*

Το γάλα που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του γιαουρτιού πρέπει να μην περιέχει αντιβιοτικά και άλλους αντιμικροβιακούς παράγοντες (π.χ. απολυμαντικά που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό του εξοπλισμού) τα οποία παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη της καλλιέργειας εκκίνησης.

Η σύσταση του γάλακτος των διαφόρων ειδών ζώων διαφέρει ποσοτικά και ποιοτικά, επηρεάζοντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου γιαουρτιού.

Για την παρασκευή γιαουρτιού το γάλα που χρησιμοποιείται θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία στους 90-95ºC για 5-10 min που είναι πιο έντονη από την απλή παστερίωση 72ºC για 15sec (Karam et al. 2013). Στην υψηλή θερμοκρασία παρατηρείται μια σειρά από μεταβολές στις ιδιότητες (μικροβιολογικές και φυσικοχημικές) του γάλακτος καθώς και του γιαουρτιού που παράγεται από αυτό. Όπως :

- Καταστρέφονται όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί
- Αυξάνεται η συνεκτικότητα και το ιξώδες του γιαουρτιού
- Αδρανοποιούνται ορισμένα ένζυμα (Κεχαγιάς, 2011)
- Αυξάνεται ο χρόνος συντήρησης
- Αυξάνεται η πηκτικότητα των πρωτεϊνών (Shah, 2013)
- Καταστρέφονται διάφορες αντιβακτηριακές ουσίες του γάλακτος
- Μετουσιώνονται οι πρωτεΐνες του όρου το οποίο προκαλεί την αύξηση της συνεκτικότητας της γιαούρτης και της ικανότητας συγκράτησης του νερού (Καμιναρίδης, 2014)

### *3.4.2 Τα στάδια παρασκευής της γιαούρτης*

Τα βασικά στάδια παρασκευής της γιαούρτης περιγράφονται στο Διάγραμμα 3.1

Προετοιμασία γάλακτος (καθαρισμός, έλεγχος για αντιβιοτικά, τυποποίηση)

↓

Τυποποίηση

↓

Ομογενοποιήση

↓

Θέρμανση στους 90- 95 ºC/ 5- 10 min

↓

Ψύξη σε θερμοκρασία επώασης 42 ºC

↓

Προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας και επώαση

↓

Ψύξη

↓

Συσκευασία- συντήρηση

**Διάγραμμα 3.1** Στάδια παρασκευής γιαούρτης (Tamine and Marshall, 1997)

### *3.4.3 Οι τύποι της γιαούρτης στην Ελλάδα*

Στη χώρα μας παράγονται και καταναλίσκονται σε μεγάλες σχετικά ποσότητες τρεις κατηγορίες γιαουρτιού: το παραδοσιακό με επιδερμίδα, το βιομηχανικό και το στραγγισμένο. Στο βιομηχανικό γιαούρτι εκτός από το στερεάς δομής (set type), όπου η επώαση γίνεται μέσα στα κύπελλα συσκευασίας, υπάρχει και το αναδευμένο (stirred type) όπου η επώαση γίνεται μέσα σε δεξαμενές. Παρακάτω περιγράφεται ο τρόπος παρασκευής τους.

- *Το παραδοσιακό γιαούρτι*

Το παραδοσιακό γιαούρτι με επιδερμίδα (πέτσα) παρασκευάζεται από διηθημένο (απομάκρυνση ανεπιθύμητων υλικών) γάλα το οποίο θερμαίνεται υπό συνεχή ανάδευση στους 90ºC για 15 min. Στην συνέχεια ακολουθεί η κατανομή του σε περιέκτες και αφήνεται να κρυώσει στους 45ºC προκειμένου να σχηματιστεί η στοιβάδα των λιποσφαιρίων (επιδερμίδα - πέτσα). Όταν η θερμοκρασία φτάσει στους 45ºC, η επιδερμίδα ανασηκώνεται ελαφρά και ακολουθεί ο εμβολιασμός με ορισμένη ποσότητα παραδοσιακού γιαουρτιού (χωρίς επιδερμίδα) που παρασκευάστηκε την προηγούμενη μέρα (μαγιά) η οποία αποτελεί

την καλλιέργεια εκκίνησης. Ακολουθεί η επώαση και η ψύξη (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2014).

- *Βιομηχανικό γιαούρτι*

Οι τύποι του βιομηχανικού γιαουρτιού είναι το συμπαγές ή στερεάς δομής (set type) και το αναδευμένο (stirred type), που διαφέρουν ως προς τη συνεκτικότητα τους. Το γάλα που χρησιμοποιείται πρέπει να μην περιέχει ίχνη αντιβιοτικών και άλλων αντιμικροβιακών παραγόντων, τα οποία θα παρεμποδίσουν την κανονική ανάπτυξη της καλλιέργειας εκκίνησης. Το γάλα που πρόκειται να γίνει γιαούρτι μετά την ομογενοποίησή του, θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία.

- *Στραγγισμένο γιαούρτι*

Στραγγισμένο γιαούρτι χαρακτηρίζεται το προϊόν, το οποίο λαμβάνεται από πλήρες γιαούρτι, μετά από απομάκρυνση (αποστράγγιση) μέρους του νερού του με τα διαλυμένα σε αυτό συστατικά. Αυτό πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 8% τουλάχιστον, με εξαίρεση το στραγγισμένο γιαούρτι αγελάδας, το οποίο πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 5% τουλάχιστον (Κ.Τ.Π. 2010). Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τον παραδοσιακό τρόπο της στράγγισης του πήγματος μέσα σε υφασμάτινους σάκους είτε με σύγχρονη τεχνολογία όπως η φυγοκέντρηση του πήγματος ή η συμπύκνωση του γάλακτος με υπερδιήθηση πριν από την πήξη του (Βιταλιώτη, 2012).

### 3.5. Ευεργετικές ιδιότητες της γιαούρτης

Η πλούσια διατροφική αξία του γιαουρτιού το καθιστά ως την απαραίτητη, αναντικατάστατη, καθημερινή τροφή. Το γιαούρτι έχει αναγνωριστεί ως λειτουργικό τρόφιμο με ευεργετικές για την υγεία ιδιότητες. Η γιαούρτη λόγω της οξυγαλακτικής ζύμωσης που υφίσταται κατά την παρασκευή της διαφοροποιείται αρκετά από την αδιαμφισβήτητη θρεπτική αξία του γάλακτος.

Η ευεργετικές ιδιότητες της γιαούρτης προέρχονται από τα κάτωθι χαρακτηριστικά:

- Η περιεκτικότητα σε λακτόζη, λόγω της ζύμωσης που υπέστη, μειώνεται σε ποσοστό που μπορεί να φτάσει το 30% ανάλογα με το βαθμό συμπύκνωσης του γάλακτος πριν τη ζύμωση. Ένα σημαντικό ποσοστό ανθρώπων έχει πρόβλημα αφομοίωσης της λακτόζης, λόγω ανεπάρκειας του ενζύμου της λακτάσης, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλούνται κοιλιακοί πόνοι και διάρροιες. Η μείωση της λακτόζης στη γιαούρτη σε συνδυασμό και με το σχηματισμό της λακτάσης από τους μικροοργανισμούς της

γιαούρτης έχει βρεθεί ότι βοηθά σημαντικά στην ανακούφιση ανθρώπων που αντιμετωπίζουν μικρό πρόβλημα ανεπάρκειας λακτάσης.

- Οι πρωτεΐνες που βρίσκονται στη γιαούρτη και κυρίως οι καζεΐνες έχουν υποστεί ήδη μεταβολές (πήξιμο), που τις κάνουν πιο αφομοιώσιμες από τον οργανισμό. Στην καλύτερη αφομοιωσιμότητα των πρωτεϊνών συμβάλλουν επίσης το χαμηλό pH της γιαούρτης που επιταχύνει τη δράση των πεπτικών ενζύμων (πεψίνης), καθώς και η μερική πρωτεόλυση που έχουν υποστεί οι πρωτεΐνες από τα πρωτεολυτικά ένζυμα των μικροοργανισμών της γιαούρτης.
- Υπάρχουν ενδείξεις ότι η πρόσληψη του ασβεστίου από τον οργανισμό διευκολύνεται μέσω του χαμηλού pH. Το κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο που βρίσκεται στην καζεΐνη σε όξινο περιβάλλον μεταβάλλεται σε υδατοδιαλυτό και απορροφάται ευκολότερα (Κεχαγιάς, 2011).
- Η γιαούρτη έχει συνδεθεί από παλιά με τις ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία. Σήμερα, μετά από έρευνες και κλινικές μελέτες ετών, έχουν προκύψει κυρίως οι εξής ευνοϊκές επιδράσεις για την υγεία: α) παρεμποδίζεται η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών στο πεπτικό σύστημα, β) ενισχύεται το ανοσοποιητικό σύστημα, γ) αποκαθίσταται η ισορροπία της μικροχλωρίδας του εντέρου μετά από χορήγηση αντιβίωσης, δ) οι μικροοργανισμοί της γιαούρτης έχει βρεθεί ότι έχουν αντικαρκινικές ιδιότητες, αφού έχει βρεθεί ότι διασπώνται από αυτούς αρκετές τοξικές ουσίες (Κεχαγιάς, 2011).
- Θεραπευτικές ιδιότητες έχουν αποδοθεί στο γιαούρτι όσον αφορά τον καρκίνο του παχέος εντέρου, που αποτελεί την δεύτερη αιτία θανάτου στον κόσμο (Adolfsson et al., 2004).
- Επίσης έρευνες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων γιαουρτιού σχετίζεται με τη μείωση της χοληστερόλης στο αίμα (Kiessling et al., 2002, Bernardeau et al., 2008).

Η πρόοδος που σημειώθηκε την τελευταία κυρίως δεκαετία στην τεχνολογία της παραγωγής γιαούρτης, είχε σαν αποτέλεσμα τη παραγωγή πολλών νέων τύπων γιαούρτης η οποία συνίσταται στον εμπλουτισμό με συστατικά που βελτιώνουν τη δομή και προσδίδουν ιδιαίτερες βιολειτουργικές ιδιότητες στο προϊόν. Σε πειράματα τα οποία πραγματοποιήθηκαν (Χουχούλη, 2012) παρατηρήθηκε ότι ο εμπλουτισμός γιαουρτιών με πολυφαινόλες (προσθήκη εκχυλισμάτων από προϊόντα οινοποιίας) αύξησε ακόμη περισσότερο τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος χωρίς να επηρεαστούν η δομή, η γεύση και η υφή του τελικού προϊόντος .

Πειράματα σχετικά με την παρασκευή γιαουρτιών με αυξημένη αντιοξειδωτική ικανότητα πραγματοποιήθηκαν και από τον Baba (2011). Τα νέα αυτά προϊόντα με αυξημένη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με τα κοινά γιαούρτια παρασκευάσθηκαν με προσθήκη άνηθου και μέντας. Πολλά επίσης πειράματα για την παρασκευή λειτουργικών γιαουρτιών έχουν γίνει και με την προσθήκη πρωτεινών εξωγενούς προέλευσης, όπως πρωτεϊνών γάλακτος, πρωτεϊνών ορού κ.α.

# 4. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΕΞΩΓΕΝΟΥΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

Η δημιουργία λειτουργικών τροφίμων είναι κάτι που το επιτάσσει η καταναλωτική αγορά. Οι ρυθμοί ζωής σήμερα επιβάλλουν μια διατροφή με χαμηλά λιπαρά, πλούσια σε αμινοξέα, ιχνοστοιχεία και πρωτεΐνη.

Έτσι οι καταναλωτές στρέφονται όλο ένα και περισσότερο σε προϊόντα που μπορούν να τους προσφέρουν γεύση χαμηλών λιπαρών με αυξημένη διατροφική αξία. Για τον λόγο αυτό γεννήθηκε η ανάγκη της δημιουργίας προϊόντων με αυξημένα επίπεδα πρωτεΐνης και ιχνοστοιχείων με ή χωρίς την προσθήκη πρωτεϊνών ορού του γάλακτος.

Η παρασκευή της γιαούρτης και τα χαρακτηριστικά της εξαρτώνται από το επίπεδο, τη φύση και την αναλογία των πρωτεϊνών του γάλακτος. Η αύξηση των στερεών συστατικών του γάλακτος και ο εμπλουτισμός με πρωτεΐνες επηρεάζουν την σύνθεση του προϊόντος, την ρυθμιστική ικανότητα, την έκταση της αλληλεπίδρασής των πρωτεϊνών, τη διάρκεια της ζύμωσης καθώς και την τελική δομή. Με την τεχνική παρέμβαση αυτή επηρεάζονται, η υφή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της γιαούρτης (Karam et al. 2013).

Με την αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη αυξάνεται επίσης, η ποσότητα του χημικά συνδεδεμένου νερού στο πήγμα και αποφεύγεται με τον τρόπο αυτό ο διαχωρισμός του ορού κατά το διάστημα αποθήκευσης (Κεχαγιάς, 2011).

Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη μπορεί να αυξηθεί είτε με μεθόδους συμπύκνωσης είτε με την προσθήκη συστατικών γαλακτοκομικής προέλευσης. Ο κλασικός τρόπος συμπύκνωσης είναι η εξάτμιση του γάλακτος υπό κενό. Πιο πρόσφατη μέθοδο αποτελεί η χρήση των μεμβρανών (αντίστροφη ώσμωση ή υπερδιήθηση). Όσον αφορά στην προσθήκη συστατικών, η σκόνη άπαχου γάλακτος (SMP) χρησιμοποιείται παραδοσιακά για τον σκοπό αυτό.

Επιπλέων, εναλλακτικοί τρόποι εμπλουτισμού σε πρωτεΐνη αποτελεί η χρήση απομονωμένης πρωτεΐνης γάλακτος (MPI) και συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών γάλακτος (MPC). Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και διάφορα άλλα πρωτεϊνικά σκευάσματα όπως σκόνη τυρογάλακτος (WPC), καζεΐνης (MC) και καζεινικά άλατα (Karam et al. 2013).

## 4.1 Προσθήκη σκόνης γάλακτος (MP)

Η προσθήκη σκόνης άπαχου γάλακτος (SMP) για εμπλουτισμό, είναι προτιμότερη από την σκόνη πλήρους γάλακτος που μπορεί να προσδώσει οξειδωμένη γεύση στο προϊόν (Tamime and Robinson, 2007).

Η προσθήκη σκόνης άπαχου γάλακτος αποτελεί την πιο συνηθισμένη πρακτική εμπλουτισμού στις βιομηχανίες γάλακτος και θεωρείται μια τυπική διαδικασία κατά την παρασκευή της γιαούρτης (Damin et al. 2009).

Το ποσοστό προσθήκης κυμαίνεται από 1% έως 6%. Ωστόσο, το συνηθισμένο ποσοστό προσθήκης είναι 3-4%. Γενικά η προσθήκη σκόνης άπαχου γάλακτος σε ποσοστό 2% θεωρείται κατάλληλο ώστε να βελτιωθεί ποιοτικά η υφή της γιαούρτης (Tamime and Robinson, 2007).

Με την προσθήκη σκόνης άπαχου γάλακτος παράγονται γιαούρτια καλής ποιότητας και παρατηρείται αύξηση του ιξώδους του προϊόντος και της σκληρότητας του πήγματος. (Tamime and Robinson, 2000; Peng et al. 2009; Patel, 2011). Ωστόσο, ένα περιοριστικό παράγοντα στην χρήση της αποτελεί η ενδεχόμενη ανάπτυξη υπερβολικής οξύτητας στο τελικό προϊόν ως αποτέλεσμα της υψηλής περιεκτικότητας της σκόνης σε λακτόζη (Tamime and Robinson, 2007; Patel, 2007)

### 4.2 Προσθήκη σκόνης άπαχου γάλακτος (SMP)

Η σκόνη άπαχου γάλακτος χρησιμοποιείται από την γαλακτοβιομηχανία για την ενίσχυση του γάλακτος για την παρασκευή γιαούρτης. Το ποσοστό προσθήκης της άπαχης σκόνης για την παρασκευή γιαουρτιού κυμαίνεται από 1% - 6%, ωστόσο το συνιστώμενο ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 3% - 4% καθώς αύξηση του ποσοστού αυτού έχει ως αποτέλεσμα προϊόν με έντονη πουδρέ γεύση (Tamime and Robinson, 1999). Σε ορισμένες αναπτυγμένες χώρες, η παρασκευή γιαούρτης γίνεται αποκλειστικά με προσθήκη άπαχης σκόνης γάλακτος SMP και άνυδρο λίπος γάλακτος. Υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη άπαχες σκόνες γάλακτος είναι διαθέσιμες στην αγορά, οι οποίες παράγονται με υπερδιήθηση, προκειμένου να μειώσουν τα επίπεδα της λακτόζης του προϊόντος πριν από την ξήρανση του (Bjerre, 1990).

### 4.3 Προσθήκη σκόνης τυρογάλακτος (WP)

Το τυρόγαλα είναι η υγρή φάση του γάλακτος που λαμβάνεται μετά από τον τεμαχισμό του πήγματος κατά την τυροκόμηση ή κατά την παραγωγή καζεϊνών με την χρήση πυτιάς, οξέων και φυσικοχημικών μεθόδων, σύμφωνα με τον κανονισμό 625/30-3-1978 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Καμιναρίδης 2014).

Οι πρωτεΐνες του τυρογάλακτος παράγονται από υπερδιήθηση και ξήρανση με ψεκασμό του τυρογάλακτος και υπάρχουν διάφοροι τύποι συμπυκνωμάτων όπως συμπυκνώματα

πρωτεϊνών του ορού (WPC), απομονωμένη πρωτεΐνη ορού του γάλακτος (WPI) και υδρολυμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος (WPH). Τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν και αφορούν στις συνθήκες επεξεργασίας που ασκούνται πριν από την ξήρανση (αφαλάτωση, απομάκρυνση της λακτόζης, συμπύκνωση ή απλή ξήρανση) (Karam et al., 2013).

Η προσθήκη πρωτεϊνών του ορού με σκοπό τον εμπλουτισμό του γάλακτος έχει κερδίσει το ενδιαφέρον εξαιτίας των θρεπτικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών τους (Severin and Wenshui, 2005; Sodini et al. 2005). Αποτελούν πολύτιμα συστατικά καθώς είναι πλούσιες σε απαραίτητα αμινοξέα και αυξάνουν την θρεπτική αξία των προϊόντων μέσα στα οποία προστίθενται. Επίσης βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά των προϊόντων αυτών καθώς παρουσιάζουν εξαιρετικές λειτουργικές ιδιότητες όπως σχηματισμός πηκτών, ικανότητα αφρισμού, γαλακτωματοποιητική και σταθεροποιητική ικανότητα, ικανότητα συγκράτησης νερού (Gonzalez- Martinez et al., 2002; Μοάτσου, 2014).

Το ποσοστό προσθήκης που συνίσταται για τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι περίπου 1-2% καθώς υψηλότερο ποσοστό μπορεί να προσδώσει ανεπιθύμητη γεύση στο προϊόν και να οδηγήσει στο σχηματισμό κοκκώδους υφής (Tamine and Robinson, 2000; Gonzalez-Martinez et al., 2002).

Η προσθήκη συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών του ορού (WPC) για τον εμπλουτισμό του γάλακτος αποτελεί μια πιο δημοφιλή πρακτική σε σύγκριση με την χρήση απομονωμένης πρωτεΐνης του ορού του γάλακτος (WPI), πάρα το γεγονός ότι η τελευταία περιέχει υψηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης και χαμηλότερη συγκέντρωση λακτόζης και αλάτων (Considine et al. 2011).

### 4.4 Προσθήκη απομονωμένης πρωτεΐνης ορού του γάλακτος (WPI)

Η απομονωμένη πρωτεΐνη ορού του γάλακτος (WPI), με ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 90%, είτε κατασκευάζονται με χρωματογραφία ανταλλαγής ιόντων ή με μικροδιήθηση. Η μέθοδος ανταλλαγής ιόντων βασίζεται στη διατήρηση σημαντικών πρωτεϊνών ορού γάλακτος με σύνδεση προς τον εναλλάκτη ιόντων και ακολουθεί έκλουση με αλλαγή του pH.

Στη μέθοδο της μικροδιήθησης (MF), ορός γάλακτος μικροδιηθείται χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεμβράνες (με πόρους <1μm) για την απομάκρυνση των λιπιδίων, των πρωτεϊνών και των μικροβιακών υπολειμμάτων.

Το προϊόν διαπερνά τις μεμβράνες της MF υπερδιηθείται / διαδιηθείται, συμπυκνώνεται και ξηραίνεται με ψεκασμό. Οι WPI που παρασκευάζονται με εναλλάκτες ιόντων έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε γλυκομακροπεπτίδια καζεΐνης από εκείνα που παρασκευάζενται με μικροδιήθηση. Η απομονωμένη πρωτεΐνη ορού του γάλακτος (WPI) είναι μια πιο αγνή, καθαρή πρωτεΐνη, με πολύ χαμηλότερα επίπεδα λακτόζης και λίπους (Salam et al., 2009).

### 4.5 Προσθήκη υδρολυμένης πρωτεΐνης ορού του γάλακτος (WPH)

Η ενζυμική υδρόλυση έχει ένα ευρύ φάσμα πρωτεολυτικών ενζύμων όπου χρησιμοποιείται γενικά για την παραγωγή της WPH διαφορετικών επιπέδων υδρόλυσης ανάλογα με το σκοπό της χρήσης της.

Τα πλεονεκτήματα της WPH είναι η βελτίωση της θερμικής σταθερότητας της σκόνης, η μείωση της αλλεργιογόνου δράσης της καθώς όμως και η παραγωγή βιοδραστικών πεπτιδίων (Salam et al., 2009).

Η προσθήκη WPH έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη απορρόφηση της καθώς τα πεπτίδια είναι πιο απορροφήσιμα από το αίμα σε σύγκριση με της άλλες μορφές πρωτεΐνης (http://www.sportsnutritionsociety.org).

### 4.6 Προσθήκη τροποποιημένης πρωτεΐνης ορού του γάλακτος (MWP )

Οι τροποποιημένες πρωτείνες του ορού (MWP) παράγονται από την θέρμανση (πολυμερισμός) των πρωτεϊνών ορού γάλακτος σε συνθήκες που δεν αποδίδουν πηκτώματα (χαμηλή ιοντική ισχύ και υψηλό pH). Το προϊόν σχηματίζει ένα πήγμα υπό ψυχρές συνθήκες (20-37ºC) αλλάζοντας την ποιότητα του διαλύτη (προσθήκη του Ca). Επίσης άλλο ένα προϊόν παρασκευάζεται με θερμική μετουσίωση του WPI σε όξινες συνθήκες (pH 3.5) και με την παρουσία του Ca (Salam et al. 2009).

### 4.7 Προσθήκη σκόνης καζεΐνης

Υπάρχουν διάφοροι τύποι σκόνης καζεΐνης όπως η όξινη καζεΐνη, η υδρολυμένη καζεΐνη και τα καζεϊνικά άλατα. Οι καζεΐνες λαμβάνονται από άπαχο γάλα έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία. Τα καζεϊνικά άλατα παράγονται από ουδετεροποίηση της όξινης καζεΐνης με αλκάλεα (Park, 2009) και είναι το καζεϊνικό ασβέστιο (CaCN), καζεϊνικό νάτριο (NaCn), καζεϊνικό μαγνήσιο (MgCn) και καζεϊνικό κάλιο (KCn), η ονομασία των οποίων προκύπτει από το εάν έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση του καζεϊνικού κλάσματος το CaOH, NaOH, MgOH, ή KOH αντίστοιχα. Από τους συγκεκριμένους τύπους σκόνης καζεϊνικών αλάτων, το καζεϊνικό ασβέστιο και το καζεϊνικό νάτριο είναι αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο από τις βιομηχανίες γάλακτος (Fabra et al., 2010).

Το ποσοστό προσθήκης της σκόνης της καζεΐνης και των καζεϊνικών αλάτων είναι 1- 2% καθώς μεγαλύτερες ποσότητες επιφέρουν ανεξέλεγκτη σκληρότητα στο προϊόν (Tamime and Robinson, 2000).

## 5. ΒΙΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ

Βιο- λειτουργικό τρόφιμο χαρακτηρίζεται ένα τρόφιμο όταν περιέχει ένα ή περισσότερα συστατικά που επηρεάζουν θετικά μια ή περισσότερες λειτουργείες του οργανισμού, εκτός από την κάλυψη των διατροφικών αναγκών, ευνοώντας τη υγεία και την ευημερία ή και μειώνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης κάποιων ασθενειών. Τα συγκεκριμένα τρόφιμα προωθούν την υγεία μέσω μηχανισμών που δεν προβλέπονται στη συμβατική τροφή και οι οποίοι μεγιστοποιούν τις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού. Τα λειτουργικά τρόφιμα περιέχουν ωφέλιμα συστατικά όπως πρεβιοτικά, προβιοτικά, πολυφαινόλες, στερόλες, κ.α. (Granato et al., 2010).

Το γάλα θεωρείται ως λειτουργικό τρόφιμο δεδομένου ότι περιέχει πολλά διαφορετικά βιοενεργά συστατικά. Σήμερα στην αγορά των λειτουργικών τροφίμων τα γαλακτοκομικά προϊόντα κυριαρχούν με ποσοστό 43% το οποίο αφορά σχεδόν εξολοκλήρου σε ζυμωμένα προϊόντα γάλακτος (Ozer and Kirmanci, 2009).

Οι βιολειτουργικές ιδιότητες της γιαούρτης συνίστανται στα παρακάτω:

- Τονώνει την κινητικότητα του εντέρου και προκαλεί αύξηση των γαστρικών εκκρίσεων.
- Ευνοεί την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο (Park, 2009)
- Έχει αντιμικροβιακή δράση (Buttris, 1997)
- Συμβάλλει στην αναγέννηση της φυσικής χλωρίδας του εντέρου (Μάντης, 2000)
- Μειώνει την χοληστερίνη του αίματος (Park, 2009; Pigeon et al., 2002)
- Έχει μειωμένη περιεκτικότητα σε λακτόζη. Έτσι τα άτομα που έχουν δυσανεξία στην λακτόζη μπορούν να καταναλώσουν γιαούρτη (Shah, 2013)
- Παρουσιάζει αντικαρκινικές ιδιότητες (Park, 2009)

## Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## 6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σκοπός της εργασίας ήταν η παρασκευή γιαουρτιών τύπου set από αγελαδινό γάλα λιποπεριεκτικότητας 1,5% με προσθήκη συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών του ορού (WPC), μίγματος πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολυμάτων πρωτεϊνών του ορού (WPH) και η μελέτη των χαρακτηριστικών τους κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους στους $4^{o}$C για 21 ημέρες.

### 6.1 Υλικά και διαδικασία παρασκευής των γιαουρτιών

Για την παρασκευή των γιαουρτιών συνεκτικής δομής (set type) χρησιμοποιήθηκε αγελαδινό γάλα υψηλής θερμικής επεξεργασίας με 1,5% λιπαρά. Συνολικά παρασκευάσθηκαν 6 διαφορετικά προϊόντα στα οποία το γάλα είχε εμπλουτισθεί με διάφορα είδη εξωγενούς πρωτεΐνης γάλακτος και σε διάφορα ποσοστά όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.1, ενώ στον Πίνακα 6.2 φαίνεται η σύσταση των σκονών που χρησιμοποίηθηκαν. Επίσης παρασκευάσθηκε και γιαούρτι χωρίς καμμία προσθήκη (μάρτυρας). Το υδρόλυμα Hydrolyzed WHEY PRO 80 (trypsin) για το προϊόν WPH_A παρασκευάσθηκε στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας του ΓΠΑ από τους Sakkas et al. (2016).

**Πίνακας 6.1 Τύποι και κωδικοποίηση μιγμάτων για την παρασκευή γιαουρτιών συνεκτικής δομής (set type) από αγελαδινό γάλα**

| Κωδικός | Είδος προστιθέμενης πρωτεΐνης | % ποσοστό (w/w) |
|---|---|---|
| WPC_A | WPC 80 standard (αγελαδινής προέλευσης) | 1.5 |
| WPC_B | WHEY PRO 80 (πρόβειας/αίγειας προέλευσης) | 1 |
| MPM | Εμπορικό μίγμα (MPC/CN/WPC) (αγελαδινής προέλευσης) | 2 |
| WPH_A | Hydrolyzed WHEY PRO 80 (trypsin) | 0.25 |
| WPH_B1 | Hydrolyzed WPI (OPTIPEP 90 SN) 83% P | 0.5 |
| WPH_B2 | Hydrolyzed WPI (OPTIPEP 90 SN) | 0.25 |
| CONTROL | - | - |

**Πίνακας 6.2** Σύσταση (g/100g) των σκονών που χρησιμοποίηθηκαν ως προσθήκες στην παρασκευή των προϊόντων τύπου γιαούρτης

| Σύσταση | WPC 80 standard (αγελαδινής προέλευσης) | WHEY PRO 80 (πρόβειας /αίγειας προέλευσης) | Εμπορικό μίγμα (MPC/CN/WPC) (αγελαδινής προέλευσης) |
|---|---|---|---|
| Πρωτεΐνη | 80 | 80 | 82 |
| Ca | 0,451 | 0,323 | 0,523 |
| Mg | 0,075 | 0,065 | 0,040 |
| K | 0,365 | 0,259 | 0,593 |
| N | 0,208 | 0,205 | 1,039 |
| P | 0,266 | 0,214 | 0,295 |

Τα διαφορετικά μίγματα για την παρασκευή των γαιαουρτιών, μετά την ανάμειξη σε Ultra turrex (13500στροφες x 1min) παρέμεναν 24ωρες στο ψυγείο για την πλήρη ενυδάτωση των πρωτεϊνών.

Την επομένη από τα 7 διαφορετικά μίγματα παρασκευάζονταν αντίστοιχα 7 διαφορετικοί τύποι γιαουρτιών. Η διαδικασία παρασκευής ήταν η ακόλουθη:

- ανάδευση και θερμική επεξεργασία των μιγμάτων στους 95$^{o}$C για 2min
- ψύξη στους 42$^{o}$C
- εμβολιασμός με παραδοσιακό γιαούρτι σε ποσοστό 1,5%
- μοίρασμα σε περιέκτες 100g (υπό ασηπτικές συνθήκες)
- επώαση στους 42$^{o}$C για περίπου 3-4 ώρες
- ψύξη

Τα γιαούρτια μετά την παρασκευή τους διατηρήθηκαν στους 4$^{o}$C για διάστημα 21 ημερών.
Το πείραμα επαναλήφθηκε τρεις φορές.

**6.2 Δειγματοληψία - Αναλύσεις**

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε την 1$^{η}$, 14$^{η}$ ή και την 21$^{η}$ ημέρα διατήρησης των γιαουρτιών στο ψυγείο. Οι αναλύσεις που έγιναν ήταν:

- φυσικοχημικές
- μικροβιολογικές
- ρεολογικές
- ικανότητα συγκράτησης ορού
- προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας
-προσδιορισμός της ACE ανασταλτικής δράσης

### *6.2.1 Φυσικοχημικές αναλύσεις*

- *Προσδιορισμός της σύστασης*

Η σύσταση των γιαουρτιών (λίπος, πρωτεΐνη και ολικά στερεά) προσδιορίσθηκε την 1η ημέρα μετά την παρασκευή τους σε Foodscan (Foss Electric, Denmark). Η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε λακτόζη υπολογίσθηκε από τη σχέση: %Ολικά στερεά – (%λίπος + % πρωτείνη + % τέφρα) (Sodini et al., 2005).

- *Μέτρηση του pH και της οξύτητας*

Οι μετρήσεις του pH πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση πεχάμετρου WTW- Multi 3420.
Η μέτρηση της οξύτητας έγινε ως εξής: σε 10 g δείγματος γιαουρτιου προστέθηκαν 1-2 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεϊνης και ακολούθησε τιτλοδότηση με διάλυμα NaOH N/9.

- *Προσδιορισμός της τέφρας*

Ο προσδιορισμός της τέφρας έγινε σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο IDF 119/ISO8070 (2007).

- *Προσδιορισμός των αλάτων*

Ο προσδιορισμός του ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου, νάτριου πραγματοποιήθηκε με φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης με φλόγα (AAS-6800 Atomic Absorption Spectometer , SHIMADZU) με βάση την πρότυπη μέθοδο IDF Standard 119 (IDF, 2007).
Ο προσδιορισμός του φωσφόρου έγινε σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο IDF Standard 042 (IDF, 2006).

### *6.2.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις*

Μικροβιολογικές αναλύσεις έγιναν στα γιαούρτια 1, 14 και 21 ημέρες μετά την παρασκευή τους. Μετρήθηκαν οι πληθυσμοί των *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus* και έγινε έλεγχος για την παρουσία ζυμών και μυκήτων σύμφωνα με τις πρότυπες μεθόδους IDF standard 117 (2003) και IDF standard 94 (2004) αντίστοιχα.

### *6.2.3 Ρεολογικές αναλύσεις*

Ρεολογικές αναλύσεις έγιναν στα γιαούρτια 1, 14 και 21 ημέρες μετά την παρασκευή τους. Ο προσδιορισμός των ρεολογικών παραμέτρων έγινε με τη συσκευή Shimadzu AGS-500NG και βασίζεται στη συμπίεση του δείγματος με έμβολο σε δύο κύκλους (δαγκωματιές). Οι

συνθήκες ανάλυσης του δείγματος (που παρέμεινε μέσα στον περιέκτη) ήταν: θερμοκρασία δείγματος ~10$^{o}$C, ταχύτητα κεφαλής 120mm/min, διάμετρος εμβόλου 25mm. Από το τυπικό διάγραμμα συμπίεσης που προκαλείται προσδιορίστηκαν η σκληρότητα (N), η συνεκτικότητα και η συνάφεια (N·mm) των δειγμάτων. Οι ρεολογικές αναλύσεις έγιναν εις διπλούν.

### *6.2.4 Προσδιορισμός της ικανότητας συγκράτησης ορού (water holding capacity, WHC)*

Η μέτρηση του WHC πραγματοποιήθηκε την 1$^{η}$ και την 21$^{η}$ ημέρα μετά την παρασκευή των γιαουρτιών. Ο προσδιορισμός έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο των Unal and Akalin (2012). 20 g από κάθε δείγμα τοποθετούνταν σε δοκιμαστικούς σωλήνες, φυγοκεντρούνταν στα 5000 *g* x10 min στους 20$^{o}$C και ακολούθως ζυγίζονταν τα ml του ορού. Ο υπολογισμός γινόταν με βάση τη σχέση: WHC=100*(βάρος γιαουρτιού – βάρος ορού)/βάρος γιαουρτιού και εκφραζόταν επί τοις % κ.β. Η ανάλυση έγινε εις διπλούν.

### *6.2.5 Προσδιορισμός της ACE ανασταλτικής δραστικότητας (ACE-inhibitory activity)*

Η ιδιότητα αυτή αναλύθηκε με χρήση HPLC και με τροποποίηση της μεθόδου που περιγράφεται από τους Jiang et al. (2010). Η προετοιμασία του δείγματος γινόταν ως εξής: σε 200 μL ορού γιαουρτιών (WSN παρασκευασμένο σε αναλογία 1:2 με υπερκάθαρο $H_20$) ή υπερκάθαρου $H_20$ (για τον μάρτυρα) προσθέτονταν 300 μL Hippuryl-L-histidyl-L-leucine (HHL) 5 mM σε borate buffer 8.3 και παρέμεναν στους 37$^{o}$Cx5 min. Ακολούθως προσθέτονταν 25 μL ACE 0.1 U/mL και γινόταν επώαση στους 37$^{o}$Cx60 min. Μετά την επώαση προσθέτονταν 225 μL HCl 1 N και γινόταν διήθηση με φίλτρο σύριγγας PVDF 0.45 μm. Για την χρωματογραφική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν στήλη Nucleosil 300 C18 4.6 mm και διαλύτες A: 0.1 % TFA σε υπερκαθαρο $H_20$ και B: 0.1% TFA σε 80% ACN. Ο ρυθμός ροής ήταν 0.8 mL/min και ο injection volume 100μL.

### *6.2.6 Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας*

Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας των δειγμάτων διαπιστώθηκε με δυο μεθόδους α) την Δεσμευτική ικανότητα της ρίζας DPPH (DPPH$^{\bullet}$ radical scavenging activity, DPPH$^{\bullet}$-RSA) και β) την Ικανότητα χήλωσης του $Fe^{2+}$ ($Fe^{2+}$ chelating activity, $Fe^{2+}$-CA).

- *Δεσμευτική ικανότητα της ρίζας DPPH (DPPH$^{\bullet}$ radical scavenging activity, DPPH$^{\bullet}$-RCA)*

Η ρίζα DPPH (2,2-διφαινυλο-1-πικρυλυδραζύλιο/2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl), χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ικανότητας συστατικών να δράσουν σαν δεσμευτές

ελεύθερων ριζών η δότες ηλεκτρονίων. Η ρίζα λόγω των συζυγιακών δεσμών που υπάρχουν στο μόριο της και της παρουσίας των νιτροομάδων που έλκουν ηλεκτρόνια, παρουσιάζει πολλές δομές συντονισμού που την καθιστούν σταθερή. Απορροφά στο UV-Vis στα 517nm και έχει χρώμα μωβ. Όταν σχηματίσει δεσμό με κάποια αντιοξειδωτική ουσία σχηματίζεται η ανοιγμένη μορφή DPPH-H, μειώνεται η απορρόφηση της και το χρώμα από μωβ μετατρέπεται σε κίτρινο. Η ένταση του αποχρωματισμού εξαρτάται στοιχειομετρικά από τον αριθμό των δεσμευόμενων ηλεκτρονίων. Η *Δεσμευτική ικανότητα της ρίζας* βασιζόταν στη μέθοδο που αναφέρεται από τους Unal & Akalın (2012b), με κάποιες τροποποιήσεις.

Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν:

- Μεθανόλη
- Διάλυμα 1 mM DPPH σε μεθανόλη .
- Διάλυμα Trolox 0.25 mg/ml σε διάλυμα μεθανόλης/$H_2O$ 80/20
- Φίλτρο σύριγγος 0,45 μm (PVDF, Whatman).
- Φωτόμετρο ELISA (TECAN Sunrise)

Σε eppendorf ζυγίζονταν περίπου 200 μl δείγματος, προστίθεντο σε σταθερή κατά βάρος αναλογία περίπου 80 μl διαλύματος DPPH και γινόταν συμπλήρωση του όγκου μέχρι 1ml με μεθανόλη. Ακολουθούσε καλή ανάδευση σε vortex και επώαση για 30 min, σε θερμοκρασία δωματίου, απουσία φωτός. Στη συνέχεια το διάλυμα φυγοκεντρείτο στα 10000 rpm για 5 min σε θερμοκρασία δωματίου και το υπερκείμενο διηθείτο με φίλτρο σύριγγος 0,45 μm (PVDF, Whatman).

Η δοκιμή έγινε σε μικροπλακίδια των 96 θέσεων.

250 μL από το υπερκείμενο τοποθετούνταν σε κάθε θέση και ο προσδιορισμός της απορρόφησης γινόταν στα 517 nm από 0 min έως 10 min σε φωτόμετρο ELISA (TECAN Sunrise). Εκτός από τα δείγματα της γιαούρτης γινόταν επίσης μέτρηση σε διάλυμα control, το οποίο αντί για δείγμα περιείχε μεθανόλη και σε διάλυμα Trolox που χρησιμοποιείτο σαν δείκτης αναφοράς, για επιβεβαίωση της εκτέλεσης της δοκιμής. Ταυτόχρονα με τα δείγματα γιαούρτης, control ή Trolox γινόταν και μέτρηση στα αντίστοιχα λευκά δείγματα, τα οποία περιείχαν μόνο δείγμα η control η Trolox και στην θέση του διαλύματος DPPH, μεθανόλη. Έγιναν 3 επαναλήψεις ανά δείγμα.

Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής δράσης έγινε με βάση τον τύπο:

<u>$DPPH^{\bullet}$-SCA% = [(A517control-A517δείγματος)/ A517 control] x100</u>

όπου A517 control = A517 control (total) - A517 control (blank)

A517 δείγματος = A517 δείγματος (total) - A517 δείγματος (blank)

- *Ικανότητα χήλωσης του $Fe^{2+}$* ($Fe^{2+}$ chelating activity, $Fe^{2+}$-CA)

Η μέθοδος της μέτρησης της χηλωτικής ικανότητας του $Fe^{2+}$ χρησιμοποιεί τη φεροζίνη ως χηλωτικό του $Fe^{2+}$ με αποτέλεσμα τη δημιουργία έγχρωμου συμπλόκου. Εάν στα δείγματα υπάρχει ικανότητα δέσμευσης του $Fe^{2+}$ η ένταση του παραγόμενου χρώματος στα 562 nm (A562) μειώνεται. Η ικανότητα χήλωσης του $Fe^{2+}$ προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο που αναφέρεται από τους Unal & Akalın (2012a), με κάποιες τροποποιήσεις. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν:

- Διάλυμα $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 mM
- Διάλυμα Ferrozine 1.25 mM
- Διάλυμα EDTA 0.1 mg/ml
- Φίλτρο σύριγγος 0,45 μm (PVDF, Whatman).
- Φωτόμετρο ELISA (TECAN Sunrise)

Το δείγμα της γιαούρτης διαλυόταν σε υπερκάθαρο νερό σε συγκέντρωση 1 g/ml. Σε σωλήνες φυγοκέντρου τοποθετούνταν 2 ml από το παραπάνω διάλυμα γιαούρτης 1 g/ml (ή 2 ml EDTA ή υπερκάθαρου νερού για το control ) και 5,6 ml υπερκάθαρο νερό. Γινόταν καλή ανάμιξη σε vortex και στη συνέχεια φυγοκέντρηση 9500 rpm για 10 min σε θερμοκρασία δωματίου. Το υπερκείμενο διηθείτο με χαρτί Whatman 40.

Η δοκιμή έγινε σε μικροπλακίδια των 96 θέσεων.

190μl από το διήθημα τοποθετούνταν σε κάθε θέση, όπου προστίθεντο 20 μl διαλύματος $FeSO_4 \cdot 7H2O$. Γινόταν έντονη ανάδευση σε φωτόμετρο ELISA (TECAN Sunrise) για 30sec και επώαση στο σκοτάδι για 30 και 60 min. Κατόπιν γινόταν προσθήκη 40 μL διαλύματος Ferrozine (στα blanks αντίστοιχα προσθήκη $H_2O$), έντονη ανάδευση στο φωτόμετρο για 30sec και μέτρηση στα 562 nm σε χρόνο 10 min. Εκτός από τα δείγματα της γιαούρτης γινόταν μέτρηση σε διάλυμα control, το οποίο αντί για δείγμα περιείχε υπερκάθαρο νερό και σε διάλυμα EDTA που χρησιμοποιείτο σαν δείκτης αναφοράς, για επιβεβαίωση της εκτέλεσης της δοκιμής. Ταυτόχρονα με τα δείγματα γιαούρτης, control ή EDTA γινόταν και μέτρηση στα αντίστοιχα τους λευκά δείγματα που περιείχαν μόνο δείγμα, ή control η EDTA με διάλυμα $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ και στην θέση του διαλύματος Ferrozine υπερκάθαρο νερό. Έγιναν 3 επαναλήψεις ανά δείγμα.

Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας έγινε με βάση τον τύπο:

$Fe^{2+}$-SCA % = [(A562 control -A562 δείγματος) / A562 control] x 100

όπου A562 control = A562 control (total) - A562 control (blank)

A562 δείγματος = A562 δείγματος (total) - A562 δείγματος (blank)

Για την διάλυση όλων των αντιδραστηρίων χρησιμοποιήθηκε υπερκάθαρο νερό.

Ο χρόνος επώασης των δειγμάτων ήταν τα 60min.

### 6.3 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με χρήση του λογισμικού Statgraphics (Centurion v, xv, Manugintics, Inc., Rockville, Maryland 20852, USA). Ελέγχθηκε η επίδραση της διαφορετικού είδους προστιθέμενης πρωτεΐνης στα χαρακτηριστικά των γιαουρτιών με τη μέθοδο ανάλυσης της παραλλακτικότητας (Analysis of Variance, ANOVA) και θεωρήθηκε στατιστικά σημαντική όταν η τιμή του P του F-test ήταν <0,05 (P<0,05). Οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εξετάστηκαν με τη μέθοδο LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

# 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

## 7.1 Φυσικοχημική σύσταση

Η χημική σύσταση των παραγόμενων προϊόντων παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.1. Είναι φανερό ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη επηρεάσθηκε κυρίως από το ποσοστό της προστιθέμενης εξωγενούς πρωτεΐνης, μιας και όπως έχει αναφερθεί στον Πίνακα 6.1, όλα τα προϊόντα εξωγενούς πρωτείνης που χρησιμοποιήθηκαν είχαν περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 80-83%. Συνεπώς, το δείγμα MPM με την προσθήκη 2% είχε στατιστικά σημαντικά ($P<0.05$) υψηλότερη πρωτεΐνη από τα υπόλοιπα δείγματα, ενώ ο μάρτυρας (CONTROL) σημαντικά ($P<0.05$) χαμηλότερη. Το δείγμα MPM είχε επίσης σημαντικά υψηλότερη περιεκτικότητα σε τέφρα και ολικά στερεά από ότι τα άλλα δείγματα. Η θετική επίδραση του ποσοστού της προστιθέμενης πρωτεΐνης στην τελική περιεκτικότητα πρωτεΐνης του παραγόμενου προϊόντος έχει αναφερθεί και από τους Unal & Akalin (2012a) και Ιωάννου (2014). Τέλος η περιεκτικότητα σε λακτόζη, η οποία παραμένει αζύμωτη σε ποσοστό 60-70%, δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των προϊόντων και ήταν σε φυσιολογικά ποσοστά (Robinson & Itsaranuwat, 2006, Ιωάννου 2014).

**Πίνακας 7.1** Χημική σύσταση (%) αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| Γιαούρτι | Λίπος | Πρωτεΐνη | Λακτόζη | Τέφρα | Ολικά Στερεά |
|---|---|---|---|---|---|
| WPC_A | 1.62 ± 0.06 $^{a,b}$ | 4.46 ± 0.15 $^{d*}$ | 4.55 ± 0.38 | 0.82 ± 0.02 $^{b}$ | 11.45 ± 0.16 $^{c}$ |
| WPC_B | 1.62 ± 0.05 $^{a,b}$ | 4.06 ± 0.20 $^{c}$ | 4.52 ± 0.45 | 0.81 ± 0.02 $^{b}$ | 11.02 ± 0.20 $^{b}$ |
| MPM | 1.60 ± 0.06 $^{a}$ | 4.87 ± 0.11 $^{e}$ | 4.71 ± 0.41 | 0.87 ± 0.02 $^{c}$ | 12.05 ± 0.34 $^{d}$ |
| WPH_A | 1.58 ± 0.02 $^{a}$ | 3.58 ± 0.09 $^{a,b}$ | 4.86 ± 0.14 | 0.78 ± 0.02 $^{a}$ | 10.80 ± 0.19 $^{a,b}$ |
| WPH_B1 | 1.61 ± 0.03 $^{a,b}$ | 3.71 ± 0.10 $^{b}$ | 4.59 ± 0.09 | 0.79 ± 0.02 $^{a,b}$ | 10.70 ± 0.11 $^{a,b}$ |
| WPH_B2 | 1.64 ± 0.04 $^{a,b}$ | 3.61 ± 0.12 $^{a,b}$ | 4.71 ± 0.14 | 0.79 ± 0.03 $^{a,b}$ | 10.74 ± 0.29 $^{a,b}$ |
| CONTROL | 1.69 ± 0.06 $^{b}$ | 3.43 ± 0.08 $^{a}$ | 4.68 ± 0.14 | 0.78 ± 0.01 $^{a}$ | 10.58 ± 0.28 $^{a}$ |

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

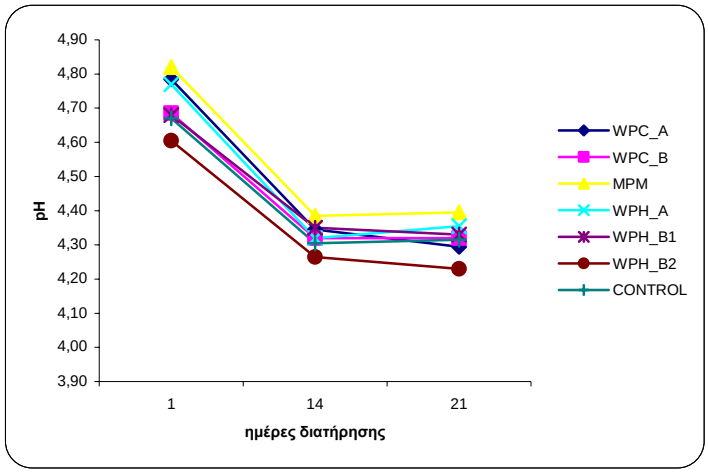
Η περιεκτικότητα σε άλατα παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.2. Η συγκέντρωση του Μαγνησίου, Καλίου, Νατρίου και Φωσφόρου κυμαίνονταν σε φυσιολογικές τιμές για το είδος του προϊόντος, ενώ αντίθετα η συγκέντρωση του ασβεστίου ήταν χαμηλότερη από αυτήν που έχει αναφερθεί για παρόμοια προϊόντα (Ιωάννου, 2014). Όμως, η διαφορετική περιεκτικότητα τους μεταξύ των προϊόντων ήταν συμβατή με την περιεκτικότητά τους στις σκόνες που χρησιμοποιήθηκαν.

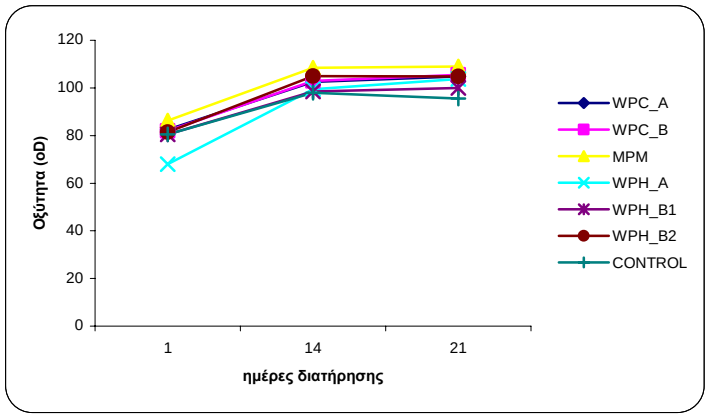
**Πίνακας 7.2** Περιεκτικότητα σε άλατα (mg/100g) αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| **Γιαούρτι** | **Ασβέστιο** | **Μαγνήσιο** | **Κάλιο** | **Νάτριο** | **Φώσφορος** |
|---|---|---|---|---|---|
| WPC_A | 105.09 ± 2.74 | 11.01 ± 0.26 [a]* | 138.44 ± 7.52 [a,b] | 47.64 ± 2.54 [a] | 96.04 ± 1.92 [a,b] |
| WPC_B | 99.36 ± 7.98 | 10.72 ± 0.44 [a,b] | 133.93 ± 4.05 [a] | 45.65 ± 2.86 [a] | 94.23 ± 2.48 [b,c] |
| MPM | 102.04 ± 6.83 | 9.98 ± 0.20 [c] | 138.22 ± 9.96 [a,b] | 63.17 ± 5.43 [b] | 98.85 ± 0.90 [a] |
| WPH_A | 98.89 ± 3.28 | 11.07 ± 0.63 [a] | 142.89 ± 2.64 [b] | 48.44 ± 3.27 [a] | 94.75 ± 2.07 [b,c] |
| WPH_B1 | 96.87 ± 6.79 | 11.02 ± 0.33 [a] | 132.21 ± 8.56 [a] | 47.62 ± 3.61 [a] | 92.58 ± 0.73 [c,d] |
| WPH_B2 | 99.50 ± 1.04 | 10.52 ± 0.22 [b] | 132.62 ± 7.23 [a] | 48.24 ± 3.74 [a] | 93.65 ± 1.65 [b,c] |
| CONTROL | 97.55 ± 2.10 | 10.51 ± 0.24 [b] | 134.20 ± 4.40 [a] | 46.05 ± 1.58 [a] | 90.26 ± 0.99 [d] |

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

Η πτώση του pH και η παράλληλη αύξηση της οξύτητας από την 1η ημέρα έως την 14η ημέρα ήταν φυσιολογικές (Πίνακας 7.3, Σχήμα 7.1) σε όλα τα προϊόντα, ενώ παρατηρήθηκε σταθερότητα και των δύο μεταβλητών μεταξύ 14ης και 21ης ημέρας διατήρησης. Το προϊόν MPM είχε την υψηλότερη οξύτητα σε όλη τη διάρκεια διατήρησης του από ότι τα άλλα προϊόντα, χωρίς να έχει αντίστοιχα χαμηλότερο pH, φαινόμενο το οποίο, όσον αφορά στην οξύτητα, εξηγείται από την υψηλότερη πρωτεϊνοπεριεκτικότητά του. Αντίθετα, το ίδιο δείγμα είχε διαρκώς και υψηλότερο pH. Αυτό οφείλεται προφανώς στη ρυθμιστική ικανότητα του προϊόντος λόγω της παρουσίας των καζεΐνης στην προστιθέμενη πρωτεΐνη. Σύμφωνα με τους Srilaorkul et al. (1989), οι καζεΐνες συνεισφέρουν στη ρυθμιστική ικανότητα του γάλακτος κατά 36%, ενώ οι πρωτεΐνες του ορού μόνο κατά 5.4%. Σε παρόμοιο αποτέλεσμα έχουν καταλήξει και οι Unal & Akalin (2012a) χρησιμοποιώντας SMP, SCC ή WPC σε αγελαδινό γιαούρτι.




**Σχήμα 7.1** Μεταβολή του pH και της οξύτητας αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες) κατά τη διατήρησή τους

**Πίνακας 7.3** Μεταβολή του pH και της οξύτητας ($^{o}$D) αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες) κατά τη διατήρησή τους (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| Ημέρες διατήρησης | Γιαούρτι | pH | Οξύτητα |
|---|---|---|---|
| 1 | WPC_A | 4.79 ± 0.12$^{a}$* | 83 ± 6$^{a,b,c}$ |
| | WPC_B | 4.69 ± 0.26$^{a}$ | 82 ± 3$^{a,b}$ |
| | MPM | 4.82 ± 0.11$^{a}$ | 86 ± 14$^{b,c,d}$ |
| | WPH_A | 4.77 ± 0.11$^{a}$ | 68 ± 23$^{a}$ |
| | WPH_B1 | 4.68 ± 0.25$^{a}$ | 81 ± 5$^{a,b}$ |
| | WPH_B2 | 4.61 ± 0.15$^{a,b}$ | 82 ± 2$^{a,b}$ |
| | CONTROL | 4.67 ± 0.28$^{a}$ | 81 ± 4$^{a,b}$ |
| 14 | WPC_A | 4.35 ± 0.05$^{b,c}$ | 103 ± 1$^{e}$ |
| | WPC_B | 4.32 ± 0.03$^{c}$ | 103 ± 6$^{e}$ |
| | MPM | 4.39 ± 0.06$^{b,c}$ | 109 ± 1$^{e}$ |
| | WPH_A | 4.32 ± 0.13$^{c}$ | 100 ± 4$^{d,e}$ |
| | WPH_B1 | 4.35 ± 0.01$^{b,c}$ | 99 ± 6$^{d,e}$ |
| | WPH_B2 | 4.27 ± 0.02$^{c}$ | 105 ± 6$^{e}$ |
| | CONTROL | 4.31 ± 0.06$^{c}$ | 98 ± 4$^{c,d,e}$ |
| 21 | WPC_A | 4.30 ± 0.05$^{c}$ | 105 ± 1$^{e}$ |
| | WPC_B | 4.32 ± 0.01$^{c}$ | 106 ± 5$^{e}$ |
| | MPM | 4.40 ± 0.04$^{b,c}$ | 109 ± 1$^{e}$ |
| | WPH_A | 4.36 ± 0.08$^{b,c}$ | 104 ± 1$^{e}$ |
| | WPH_B1 | 4.33 ± 0.04$^{c}$ | 100 ± 11$^{d,e}$ |
| | WPH_B2 | 4.23 ± 0.03$^{c}$ | 105 ± 2$^{e}$ |
| | CONTROL | 4.32 ± 0.12$^{c}$ | 96 ± 8$^{b,c,d,e}$ |

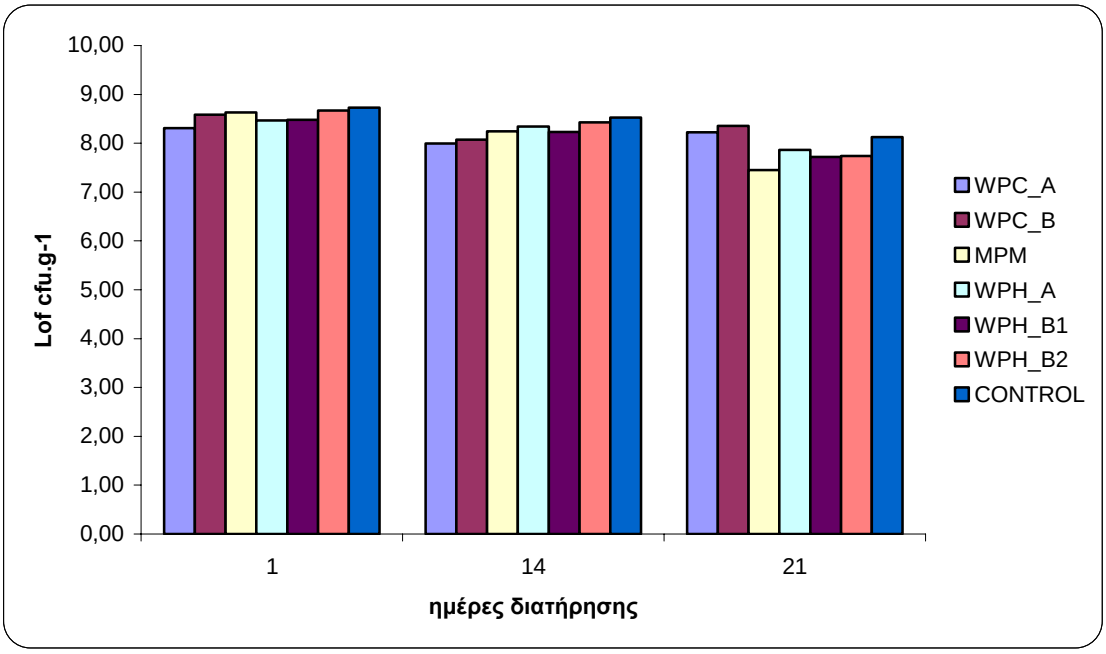
* Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες μέσα στην ίδια στήλη διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά ($P<0.05$)

## 7.2 Μικροβιολογική σύσταση

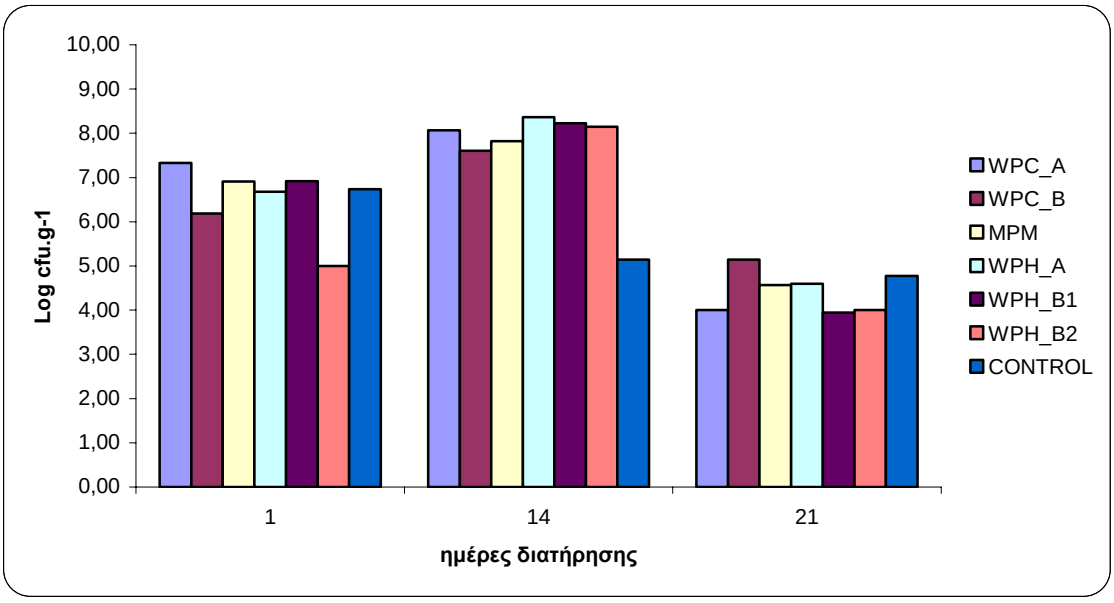
Σύμφωνα με τους Robinson και Itsaranuwat (2006) τα κύτταρα των *St. thermophilus* και *L. bulgaricus* στο γιαούρτι και γενικά στα οξυγάλατα πρέπει να είναι ζωντανά και άφθονα σε πληθυσμούς μεταξύ $1x10^6$ και $1x10^8$ cfu.g$^{-1}$. Στην παρούσα μελέτη, οι πληθυσμοί των χαρακτηριστικών αυτών μικροοργανισμών της γιαούρτης διατηρήθηκαν σε υψηλά επίπεδα (>$1x10^7$) μέχρι την 21$^η$ ημέρα τουλάχιστον όσον αφορά στους θερμόφιλους οξυγαλακτικούς κόκκους (*St. thermophilus*) (Σχήμα 7.2). Αντίθετα, οι πληθυσμοί των γαλακτοβάκιλλων (*L. bulgaricus*) μειώθηκαν κατά 2-4 λογαριθμικούς κύκλους κατά περίπτωση μετά τις 14 ημέρες διατήρησης (Σχήμα 7.3). Ο χαμηλός αριθμός των γαλακτοβάκιλλων είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στο συγκεκριμένο στέλεχος της παραδοσιακής καλλιέργειας που χρησιμοποιήθηκε. Σύμφωνα με τους McComas & Gilliland (2003) η ανάπτυξη των μικροοργανισμών της γιαούρτης σε γάλα εμπλουτισμένο με WPH εξαρτάται από το στέλεχος.

Οι Kyriacou et al. (2008) μελέτησαν το μικροβιακό πληθυσμό 83 ζυμούμενων προϊόντων γάλακτος από την ελληνική αγορά και βρήκαν ότι οι γαλακτοβάκιλλοι κυμαίνονταν μεταξύ $10^3$ και $10^9$ cfu.g$^{-1}$ με το 22% των προϊόντων, όμως, να περιέχει λιγότερους από $10^6$ cfu.g$^{-1}$.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι δεν ανιχνεύτηκαν ζύμες ή μήκυτες σε κανένα προϊόν καθ΄όλη τη διάρκεια διατήρησής τους.




**Σχήμα 7.2** Μεταβολή του πληθυσμού του *Steptococcus thermophilus* (Logcfu.g$^{-1}$) σε αγελαδινά προϊόντα τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες) κατά τη διατήρησή τους




**Σχήμα 7.3** Μεταβολή του πληθυσμού του *Lactobacillus bulgaricus* (Logcfu.$g^{-1}$) σε αγελαδινά προϊόντα τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες) κατά τη διατήρησή τους

## 7.3 Ρεολογικά χαρακτηριστικά

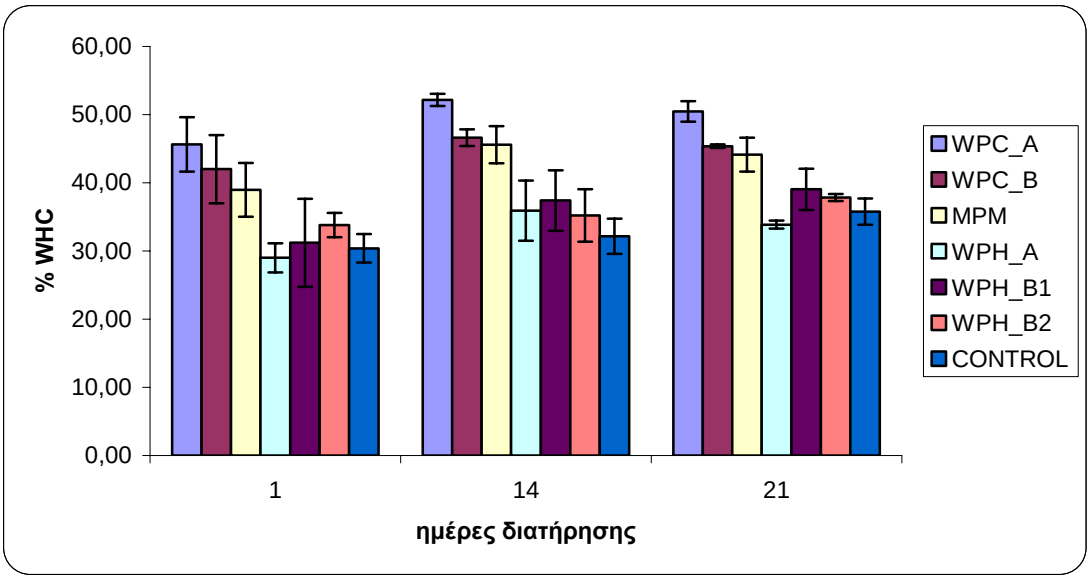
### *7.3.1 Ικανότητα συγκράτησης νερού*

Σε όλα τα προϊόντα η ικανότητα συγκράτησης νερού (ΙΣΝ) παρουσίασε αυξητική τάση κατά τη διάρκεια διατήρησής τους. Η ιδιότητα όμως αυτή ήταν στατιστικά σημαντικά ($P<0.05$) υψηλότερη στα 3 προϊόντα που παρασκευάσθηκαν με WPC και μίγμα πρωτεϊνών (δείγμα MPM) καθ' όλη τη διάρκεια της διατήρησής τους, από ότι στα προϊόντα που παρασκευάσθηκαν με WPH ή στον μάρτυρα (Πίνακας 7.4 και Σχήμα 7.4). Η διαφορά αυτή μπορεί να αποδοθεί σε γενικές γραμμές στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (>4%) των προϊόντων αυτών. Επίσης έχει αναφερθεί ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης WPC τόσο μεγαλύτερο είναι η ΙΣΝ στο προϊόν (Unal & Akalin, 2012a). Τέλος, μεταξύ των εμπλουτισμένων προϊόντων, το δείγμα με το συμπύκνωμα αγελαδινής προέλευσης (δείγμα WPC_A) είχε διαρκώς την υψηλότερη ΙΣΝ, ενώ αυτό με το υδρόλυμα εργαστηριακής παρασκευής (δείγμα WPH_A) την χαμηλότερη.

**Πίνακας 7.4** Μεταβολή της ικανότητας συγκράτησης νερού (WHC) αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες) κατά τη διατήρησή τους (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| Ημέρες διατήρησης | Γιαούρτι | WHC (g/100g) |
|---|---|---|
| 1 | WPC_A | 45.63 ± 4.00 [h,i]* |
| | WPC_B | 42.00 ± 5.01 [g,h] |
| | MPM | 38.98 ± 3.94 [f,g] |
| | WPH_A | 29.01 ± 2.14 [a] |
| | WPH_B1 | 31.20 ± 6.47 [a,b] |
| | WPH_B2 | 33.80 ± 1.78 [b,c,d] |
| | CONTROL | 30.40 ± 2.08 [a,b] |
| 14 | WPC_A | 52.15 ± 0.90 [k] |
| | WPC_B | 46.62 ± 1.20 [i,j] |
| | MPM | 45.59 ± 2.72 [h,i] |
| | WPH_A | 35.91 ± 4.42 [d,e,f] |
| | WPH_B1 | 37.40 ± 4.43 [d,e,f] |
| | WPH_B2 | 35.21 ± 3.86 [c,d,e] |
| | CONTROL | 32.18 ± 2.58 [a,b,c] |
| 21 | WPC_A | 50.48 ± 1.51 [j,k] |
| | WPC_B | 45.36 ± 0.25 [h,i] |
| | MPM | 44.15 ± 2.49 [h,i] |
| | WPH_A | 33.87 ± 0.59 [b,c,d] |
| | WPH_B1 | 39.05 ± 3.03 [e,f,g] |
| | WPH_B2 | 37.84 ± 0.53 [d,e,f] |
| | CONTROL | 35.77 ± 1.91 [c,d,e,f] |

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




**Σχήμα 7.4** Μεταβολή της ικανότητας συγκράτησης νερού αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες) κατά τη διατήρησή τους

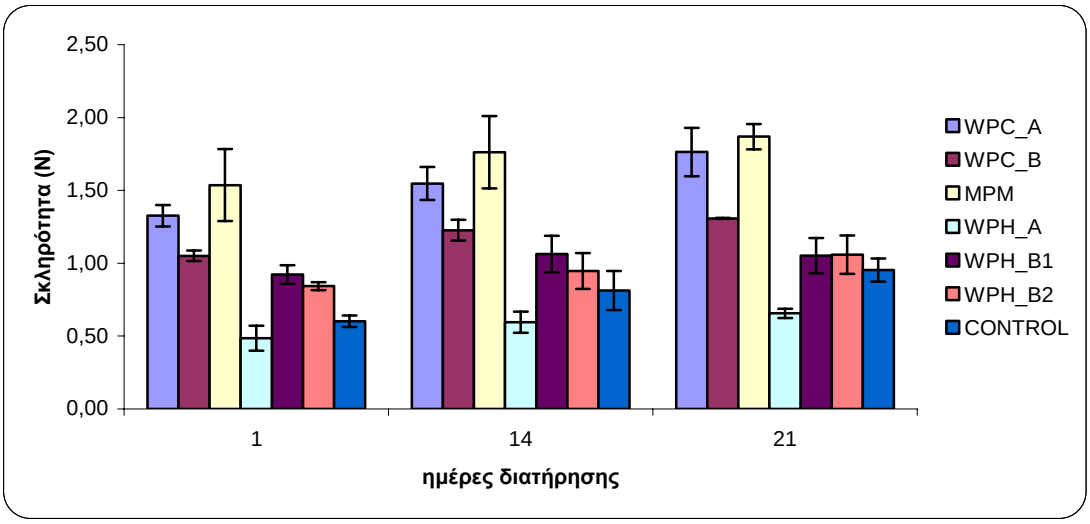
*7.3.2 Σκληρότητα, συνεκτικότητα και συνάφεια*

Όσον αφορά στη σκληρότητα των προϊόντων, αυτά τα οποία είχαν εμπλουτισθεί με το μίγμα των πρωτεϊνών (γιαούρτι MPM) αλλά και αυτά με την προσθήκη WPC σε ποσοστό >1%, τα οποία είχαν και την υψηλότερη πρωτεϊνοπεριεκτικότητα, είχαν σημαντικά μεγαλύτερη σκληρότητα, αλλά και συνάφεια (Σχήμα 7.5, 7.7). Αντίθετα, το γιαούρτι με το υδρόλυμα WPC με τρυψίνη (WPH_A) και το γιαούρτι χωρίς καμία προσθήκη (control) είχαν τη μεγαλύτερη συνεκτικότητα (Σχήμα 7.6). Σύμφωνα με τους Karam et al. (2013), τα ρεολογικά χαρακτηριστικά γιαουρτιών εμπλουτισμένων με WPC εξαρτώνται κυρίως από τα χαρακτηριστικά της προστιθέμενης σκόνης, ενώ η καλύτερη μέθοδος εμπλουτισμού για αύξηση των ιδιοτήτων αυτών είναι η προσθήκη καζεϊνικών σε ποσοστό 1-2%.

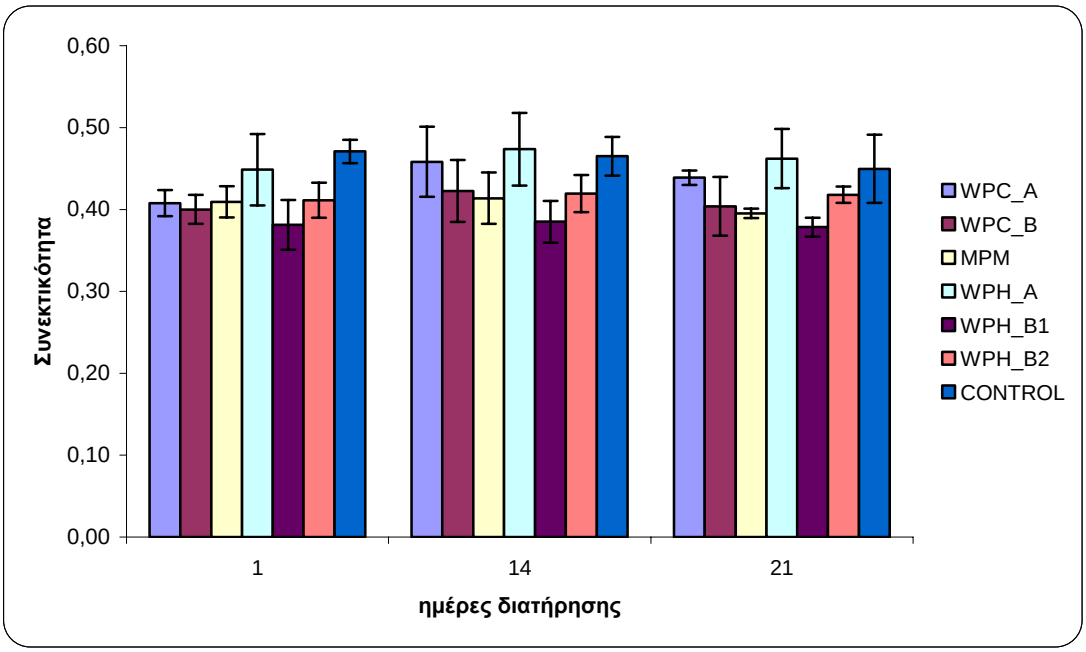
**Πίνακας 7.5** Μεταβολή των ρεολογικών χαρακτηριστικών αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες ) κατά τη διατήρησή τους (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| **Ημέρες διατήρησης** | **Γιαούρτι** | **Σκληρότητα** | **Συνεκτικότητα** | **Συνάφεια** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | WPC_A | $1.33 \pm 0.07^{f}$* | $0.41 \pm 0.02^{a,b,c,d,e}$ | $2.49 \pm 0.43^{f,g}$ |
| | WPC_B | $1.05 \pm 0.04^{e}$ | $0.40 \pm 0.02^{a,b,c,d}$ | $1.62 \pm 0.17^{b,c,d,e}$ |
| | MPM | $1.54 \pm 0.25^{g}$ | $0.41 \pm 0.02^{a,b,c,d,e,f}$ | $3.90 \pm 0.16^{i}$ |
| | WPH_A | $0.49 \pm 0.09^{a}$ | $0.45 \pm 0.04^{f,g,h,i}$ | $0.66 \pm 0.19^{a}$ |
| | WPH_B1 | $0.92 \pm 0.06^{d,e}$ | $0.38 \pm 0.03^{a}$ | $1.61 \pm 0.37^{b,c,d,e}$ |
| | WPH_B2 | $0.84 \pm 0.03^{d}$ | $0.41 \pm 0.02^{a,b,c,d,e,f}$ | $1.52 \pm 0.25^{b,c,d}$ |
| | CONTROL | $0.60 \pm 0.04^{a,b}$ | $0.47 \pm 0.01^{i}$ | $1.94 \pm 0.73^{c,d,e,f}$ |
| 14 | WPC_A | $1.55 \pm 0.11^{g}$ | $0.46 \pm 0.04^{g,h,i}$ | $2.73 \pm 0.28^{f,g,h}$ |
| | WPC_B | $1.23 \pm 0.07^{f}$ | $0.42 \pm 0.04^{c,d,e,f,g,h}$ | $2.48 \pm 0.03^{f,g}$ |
| | MPM | $1.76 \pm 0.26^{h}$ | $0.41 \pm 0.03^{a,b,c,d,e,f}$ | $6.25 \pm 0.19^{j}$ |
| | WPH_A | $0.60 \pm 0.07^{a,b}$ | $0.47 \pm 0.04^{i}$ | $1.08 \pm 0.22^{a,b}$ |
| | WPH_B1 | $1.06 \pm 0.13^{e}$ | $0.39 \pm 0.03^{a,b,c}$ | $1.54 \pm 0.28^{b,c,d}$ |
| | WPH_B2 | $0.95 \pm 0.12^{d,e}$ | $0.42 \pm 0.02^{a,b,c,d,e,f,g}$ | $1.94 \pm 0.54^{c,d,e,f}$ |
| | CONTROL | $0.81 \pm 0.18^{c,d}$ | $0.47 \pm 0.02^{h,i}$ | $2.08 \pm 0.25^{d,e,f}$ |
| 21 | WPC_A | $1.76 \pm 0.17^{h}$ | $0.44 \pm 0.01^{d,e,f,g,h,i}$ | $3.62 \pm 1.58^{h,i}$ |
| | WPC_B | $1.31 \pm 0.01^{f}$ | $0.40 \pm 0.04^{a,b,c,d,e,f}$ | $3.04 \pm 1.22^{g,h,i}$ |
| | MPM | $1.87 \pm 0.09^{h}$ | $0.40 \pm 0.01^{a,b,c,d,e}$ | $5.40 \pm 0.04^{j}$ |
| | WPH_A | $0.66 \pm 0.03^{b,c}$ | $0.46 \pm 0.04^{g,h,i}$ | $1.24 \pm 0.32^{a,b,c}$ |
| | WPH_B1 | $1.05 \pm 0.12^{e}$ | $0.38 \pm 0.01^{a,b}$ | $2.10 \pm 0.63^{d,e,f,g}$ |
| | WPH_B2 | $1.06 \pm 0.13^{e}$ | $0.42 \pm 0.01^{a,b,c,d,e,f,g}$ | $2.41 \pm 0.85^{e,f,g}$ |
| | CONTROL | $0.95 \pm 0.08^{d,e}$ | $0.45 \pm 0.04^{e,f,g,h,i}$ | $2.21 \pm 0.49^{d,e,f,g}$ |

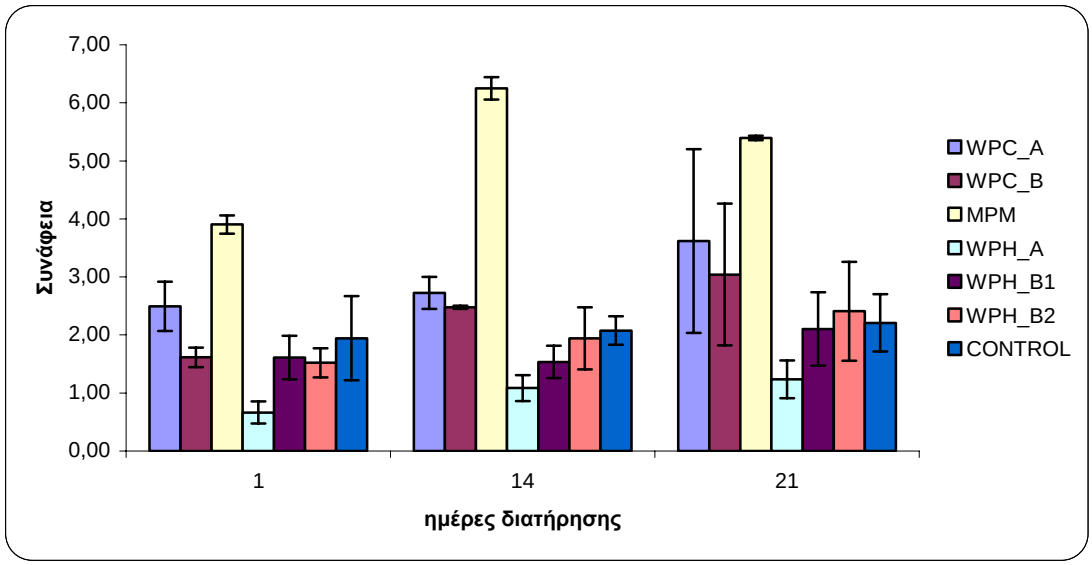
* Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες μέσα στην ίδια στήλη διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά ($P<0.05$)




**Σχήμα 7.5** Μεταβολή της σκληρότητας αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC) και υδρολύματα (WPH)) κατά τη διατήρησή τους




**Σχήμα 7.6** Μεταβολή της συνεκτικότητας αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC) και υδρολύματα (WPH)) κατά τη διατήρησή τους




**Σχήμα 7.7** Μεταβολή της συνάφειας αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC) και υδρολύματα (WPH)) κατά τη διατήρησή τους

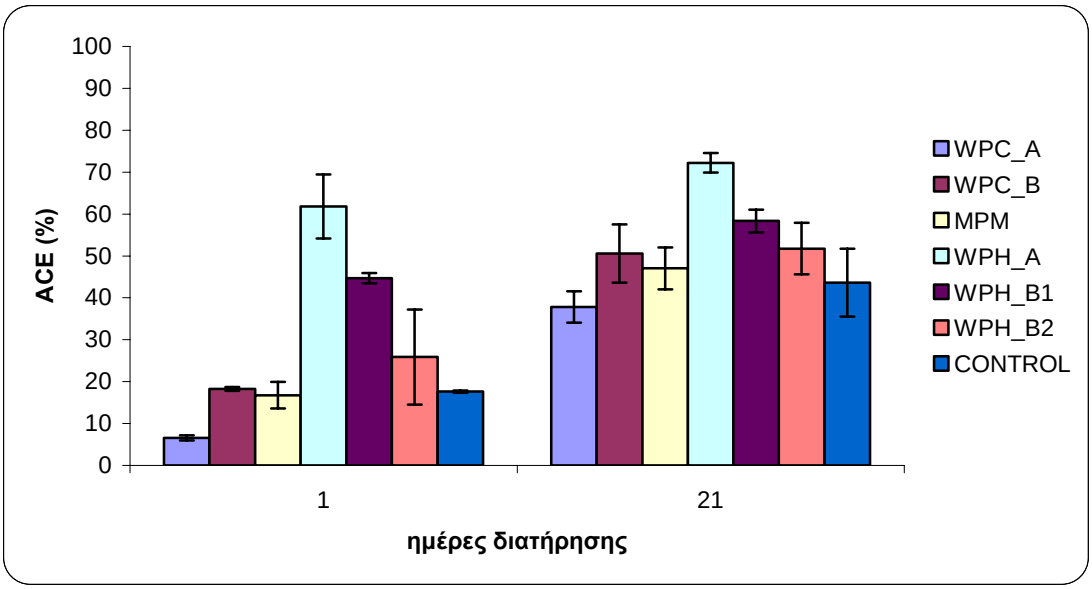
### 7.4 ACE - ανασταλτική δραστικότητα (ACE-inhibitory activity)

Όλα τα προϊόντα που παρασκευάσθηκαν με προσθήκη WPH παρουσίασαν υψηλότερη ACE - ανασταλτική δραστικότητα συγκριτικά με τον μάρτυρα και τα υπόλοιπα προϊόντα (Πίνακας 7.6, Σχήμα 7.8, Εικόνα 7.1). Αυτό ήταν αναμενόμενο μιας και η υδρόλυση των πρωτεϊνών του ορού είναι δυνατόν να οδηγήσει στην παραγωγή βιοδραστικών πεπτιδίων. Όμως, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι το προϊόν με το υδρόλυμα εργαστηριακής παρασκευής από WPC αιγοπρόβειας προέλευσης (δείγμα WPH_A) παρουσίασε στατιστικά σημαντικά ($P<0.05$) υψηλότερη δραστικότητα (>62%) από όλα τα υπόλοιπα προϊόντα καθ' όλη τη διάρκεια της διατήρησής τους. Πεπτίδια με ACE - ανασταλτική δραστικότητα έχουν προσδιορισθεί σε πειραματικά πρόβεια γιαούρτια (Chobert et al. 2005; Papadimitriou et al. 2007), προβιοτικό γιαούρτι (Donkor et al. 2007) καθώς και σε γιαούρτια της Ελληνικής αγοράς (Politis & Theodorou, 2016). Σύμφωνα δε με τους τελευταίους ερευνητές, το πρόβειο γιαούρτι έχει υψηλότερη ACE - ανασταλτική δραστικότητα από ότι το αγελαδινό. Οι Chobert et al. (2005), οι οποίοι προσδιόρισαν την ACE - ανασταλτική δραστικότητα σε πρόβειο γιαούρτι με διάφορες συνθήκες παρασκευής ως προς τη θερμική επεξεργασία και το είδος των καλλιεργειών, αναφέρουν ότι για θερμική επεξεργασία του γάλακτος 96$^{o}$C x 5 min η ιδιότητα αυτή κυμάνθηκε μεταξύ 49-64%.

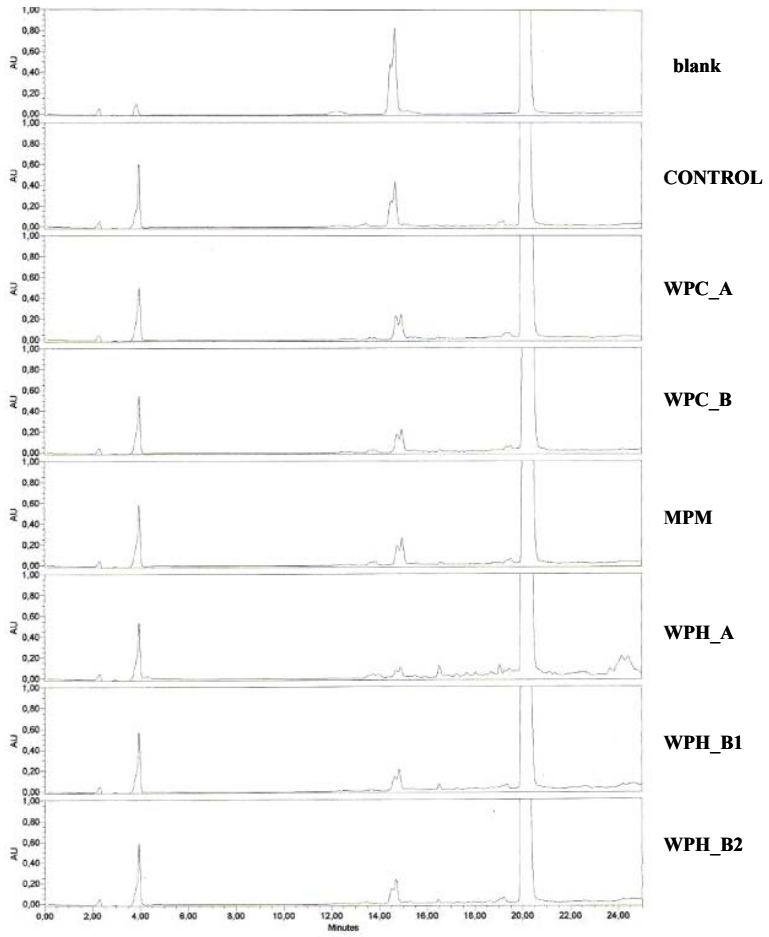
**Πίνακας 7.6** ACE - ανασταλτική δραστικότητα (%) αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες ) (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| **Ημέρες διατήρησης** | **Γιαούρτι** | **ACE - ανασταλτική δραστικότητα (%)** |
|---|---|---|
| 1 | WPC_A | $7 \pm 0.6^{a*}$ |
| | WPC_B | $18 \pm 0.4^{b}$ |
| | MPM | $17 \pm 3.2^{a,b}$ |
| | WPH_A | $62 \pm 7.6^{f}$ |
| | WPH_B1 | $45 \pm 1.2^{c,d}$ |
| | WPH_B2 | $26 \pm 11.4^{b}$ |
| | CONTROL | $18 \pm 0.3^{a,b}$ |
| 21 | WPC_A | $38 \pm 3.7^{c}$ |
| | WPC_B | $51 \pm 7.0^{d,e}$ |
| | MPM | $47 \pm 5.0^{d}$ |
| | WPH_A | $72 \pm 2.3^{g}$ |
| | WPH_B1 | $58 \pm 2.7^{e,f}$ |
| | WPH_B2 | $52 \pm 6.1^{d,e,f}$ |
| | CONTROL | $44 \pm 8.1^{c,d}$ |

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




**Σχήμα 7.8** ACE - ανασταλτική δραστικότητα (%) αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type (εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες )




**Εικόνα 7.1** Χρωματογραφήματα από HPLC ανάλυση της ACE - ανασταλτικής δραστικότητας αγελαδινών προϊόντων τύπου γιαούρτης set type εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC) και υδρολύματα (WPH)

### 7.5 Αντιοξειδωτικές ιδιότητες

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα γενικότερα διαθέτουν ένα αντιοξειδωτικό δυναμικό που διαμορφώνεται από διαφορετικά συστατικά του γάλακτος. Τα αντιοξειδωτικά συστατικά δρούν είτε με την παρεμπόδιση του σχηματισμού ριζών ή με την δέσμευση των ελεύθερων ριζών, του υπεροξείδιου του υδρογόνου και άλλων υπεροξειδίων. Τα συστατικά αυτά είναι ένζυμα όπως η δισμουτάση των υπεροξειδίων ή η καταλάση, δευτερεύοντα πρωτεϊνικά συστατικά του γάλακτος, τα οποία ανήκουν στο κλάσμα των πρωτεϊνών του ορού όπως λακτοφερίνη, λιποδιαλυτές βιταμίνες όπως η βιταμίνη Ε και τα καροτενοειδή, η υδατοδιαλυτή βιταμίνη C και το συνένζυμο Q10. Άλλη πιθανή πηγή αντιοξειδωτικών συστατικών στα γαλακτοκομικά προιόντα είναι επίσης οι πρωτεΐνες του γάλακτος και τα προϊόντα της πρωτεόλυσης, που παράγονται κατά την ζύμωση του από τα οξυγαλακτικά βακτήρια (FitzGerald, Murray & Walsh, 2004). Οι Morr (1985) και Gupta et al. (2009) αναφέρουν ότι κάποια πεπτίδια που παράγονται κατά την πρωτεόλυση αλλά και οι πρωτεΐνες του ορού προσδίδουν στα γαλακτοκομικά προϊόντα αντιοξειδωτική ικανότητα. Τα πεπτίδια αυτά αποτελούνται συνήθως από 5-11 αμινοξέα όπως προλίνη, ιστιδίνη, τυροσίνη ή τρυπτοφάνη. Η σχέση δομής-δραστικότητας και ο αντιοξειδωτικός μηχανισμός τους δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί. Η υδρόλυση πρωτεϊνών του ορού είτε καζεινών με διάφορες πρωτεάσες in vitro απελευθέρωσε πεπτίδια με μεγαλύτερη δεσμευτική ικανότητα ριζών DPPH σε σχέση με τον μάρτυρα (Bayram et al., 2008, Mao et al., 2011). Η αντιοξειδωτική δραστικότητα πεπτιδίων που παρήχθησαν με αυτό τον τρόπο, βρέθηκε ότι σχετίζεται με την ακολουθία των αμινοξέων τους, η οποία εξαρτάται άμεσα από την εξειδίκευση του ενζύμου (Lin et al., 2012).

Η επί πλέον προσθήκη πρωτεϊνών του γάλακτος (καζεΐνη και πρωτεΐνες του ορού) είτε με την αρχική τους μορφή (ολόκληρο μόριο) ή είτε μετά από ενζυμική υδρόλυση, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων σε λειτουργικά τρόφιμα και στην πρόληψη της οξείδωσης κατά την επεξεργασία των τροφίμων (Pena-Ramos & Xiong, 2003). Απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για να διευκρινιστεί ο ρόλος των αντιοξειδωτικών πεπτιδίων και στον ανθρώπινο οργανισμό, αν και αναφέρεται ότι υπάρχει πιθανότητα πεπτίδια που in vitro δεν εμφάνισαν αντιοξειδωτική δράση, να απελευθερώσουν το δυναμικό τους κατά την πέψη (Onay-Ucar et al., 2013).

Τα γιαούρτια διαθέτουν ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό δυναμικό το οποίο προέρχεται κυρίως από αμινοξέα και μικρά πεπτίδια που παράγονται κατά τη ζύμωση της λακτόζης (Farvin et al., 2010, Aloglou & Önar, 2011). Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση για προσθήκη στα γιαούρτια διαφόρων αντιοξειδωτικών εξωγενούς προέλευσης. Τα αντιοξειδωτικά που

συνήθως προστίθενται είναι φυσικά προϊόντα όπως κατεχίνη, τοκοφερόλες, ασκορβικό, φαινολικά εκχυλίσματα κ.α. (Chouchouli et al., 2013, Coisson et al., 2005).

### *7.5.1 Δεσμευτική ικανότητα ριζών DPPH$^{+}$*

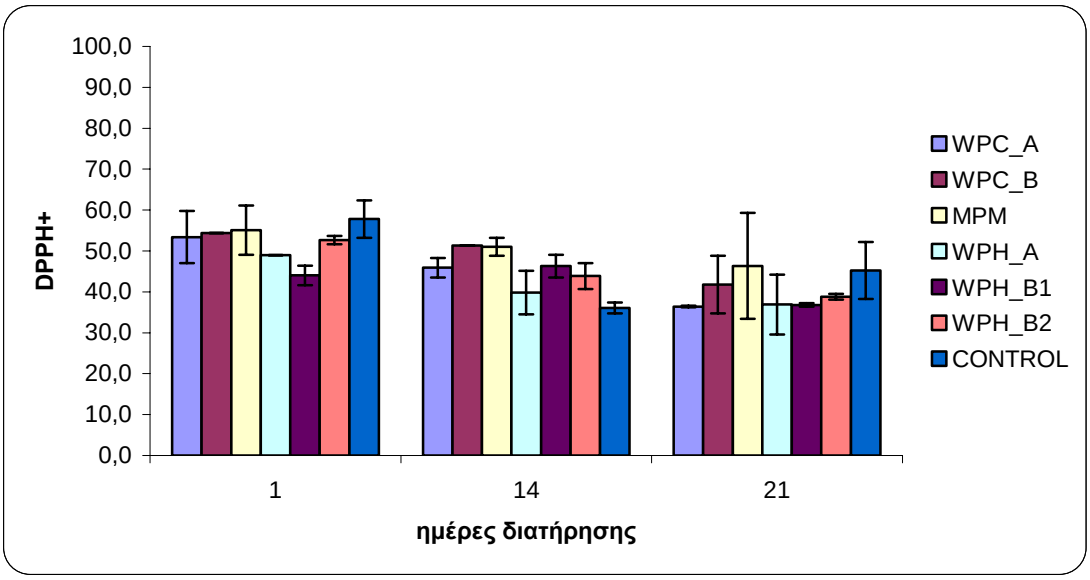
Η αντιοξειδωτική ικανότητα των γιαουρτιών της παρούσας μελέτης ως προς τη δέσμευση ριζών DPPH, ιδιότητα που οφείλεται στην ικανότητα του υποστρώματος να είναι δότης υδρογόνου, παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.7 και στο Σχήμα 7.9. Όπως φαίνεται στο σχήμα 7.9, όλοι οι τύποι γιαουρτιών, την 1$^{η}$ ημέρα είχαν ικανοποιητική ικανότητα δέσμευσης ριζών (κυμάνθηκε από 44 εως 57%). Σε μελέτη που έγινε σε γιαούρτια χωρίς πρόσθετα από τους Shori & Baba (2011) βρέθηκαν τιμές μέχρι 33,6 %, ενώ οι Unal και Akalin (2012b) σε γιαούρτια στα οποία προστέθηκε WPC σε μεγαλύτερη ποσότητα σε σχέση με τα πειραματικά γιαούρτια (WPC84 σε ποσοστό 2% και 4%) βρήκαν τιμές από 89% έως 93,16%. Κατά τη παραμονή των γιαουρτιών στο ψυγείο, η αντιοξειδωτική ικανότητα φαίνεται να μειώνεται κυρίως τις πρώτες ημέρες σε όλα τα εμπλουτισμένα γιαούρτια–σε ποσοστό που κυμαίνεται περίπου την 14η ημέρα από 7-16%- και στη συνέχεια την 21$^{η}$ ημέρα από 3-9,5%. Η ικανοποιητική αντιοξειδωτική ικανότητα που παρουσιάζουν τα γιαούρτια την 1$^{η}$ ημέρα σχετίζονται με την διέγερση της ανάπτυξης (Ummadi & Curic-Bawden, 2010), την έντονη πρωτεολυτική δραστικότητα της καλλιέργειας και την απελευθέρωση βιοενεργών πεπτιδίων κατά τη ζύμωση. Οι El-Zahar Khaled (2003), οι οποίοι εξέτασαν την πρωτεόλυση στο γιαούρτι διαπίστωσαν ότι αυτή εξελίχθηκε κυρίως τις πρώτες 4 ώρες της ζύμωσης. Η χαμηλότερη δεσμευτική ικανότητα DPPH κατά τη διατήρηση των γιαουρτιών, αποδίδεται στην μειούμενη μεταβολική ενεργότητα των βακτηρίων στις χαμηλές θερμοκρασίες του ψυγείου και στην αυξανόμενη αποικοδόμηση των πεπτιδικών ενώσεων με αντιοξειδωτική δράση. Πιθανόν κατά τη διάρκεια της ζύμωσης παράγονται πεπτίδια με αντιοξειδωτική δράση, τα οποία στη συνέχεια κατά την διάρκεια της αποθήκευσης μέχρι τις 21 ημέρες διασπώνται σε πεπτίδια λιγότερο ενεργά (Shori & Baba, 2011). Οι Gupta et al. (2009) που μελέτησαν την πορεία της αντιοξειδωτικής δράσης σε τυριά Cheddar κατά την ωρίμανση κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αντιοξειδωτική δραστηριότητα εξαρτάται από την βαθμό πρωτεόλυσης, σε ένα βαθμό και επίσης από τον τύπο της καλλιέργειας εκκίνησης που χρησιμοποιείται και διαπίστωσαν ότι αυτή αυξήθηκε κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών, μετά όμως τους 4 μήνες λόγω της συνεχιζόμενης πρωτεόλυσης, αυτή μειώθηκε. Εκείνο που φάνηκε επίσης είναι ότι τα εμπλουτισμένα γιαούρτια διαφοροποιούνται ανάλογα με το πρωτεϊνικό τους περιεχόμενο. Πιο συγκεκριμένα τα γιαούρτια που περιέχουν συμπυκνώματα πρωτεϊνών ορού (WPCs) (είτε εξ ολοκλήρου - WPC_A και WPC_B - είτε σε

μίγμα με πρωτεΐνες άλλου είδους -MPC) εμφανίζουν μεγαλύτερη δραστικότητα από τα γιαούρτια που περιέχουν υδρολύματα.

**Πίνακας 7.7** Δεσμευτική ικανότητα ριζών $DPPH^+$ (%) σε αγελαδινά προϊόντα τύπου γιαούρτης set type εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| **Ημέρες διατήρησης** | **Γιαούρτι** | **$DPPH^+$ (%)** |
|---|---|---|
| 1 | WPC_A | $53.4 \pm 6.4^{a,b,c}$* |
| | WPC_B | $54.4 \pm 0.0^{a,b}$ |
| | MPM | $55.1 \pm 6.0^{a,b}$ |
| | WPH_A | $49.0 \pm 0.0^{a,b,c,d}$ |
| | WPH_B1 | $44.0 \pm 2.4^{b,c,d,e}$ |
| | WPH_B2 | $52.7 \pm 1.0^{a,b,c}$ |
| | CONTROL | $57.8 \pm 4.6^{a}$ |
| 21 | WPC_A | $36.4 \pm 0.2^{e}$ |
| | WPC_B | $41.8 \pm 7.0^{c,d,e}$ |
| | MPM | $46.4 \pm 13.0^{a,b,c,d,e}$ |
| | WPH_A | $36.9 \pm 7.3^{e}$ |
| | WPH_B1 | $36.8 \pm 0.4^{e}$ |
| | WPH_B2 | $38.8 \pm 0.7^{d,e}$ |
| | CONTROL | $45.2 \pm 7.0^{b,c,d,e}$ |

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




**Σχήμα 7.9** Δεσμευτική ικανότητα ριζών $DPPH^+$ αγελαδινών γιαουρτιών set type εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC) και υδρολύματα (WPH) κατά την $1^η$ και $21^η$ ημέρα διατήρησης

*7.5.2 Ικανότητα χήλωσης $Fe^{2+}$*

Τα αποτελέσματα από τη μέθοδο μέτρησης της χηλωτικής ικανότητας του $Fe^{2+}$ μετά από χρόνο επώασης 60min, παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.8 και στο Σχήμα 7.10. Αυτό που στην πραγματικότητα επιδιώκουμε μέσω της δέσμευσης ιόντων $Fe^{2+}$, είναι να διαπιστώσουμε την ικανότητα που έχουν κάποια πεπτίδια να παρεμποδίζουν την οξείδωση λιπιδίων ή πρωτεϊνών.

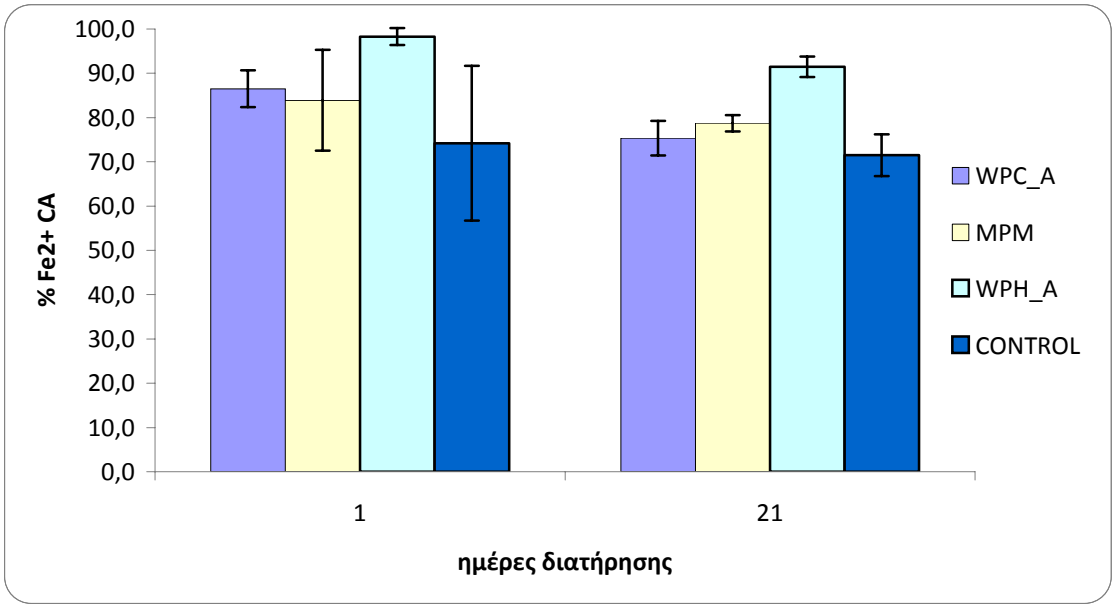
Η ικανότητα χήλωσης, στα τέσσερα γιαούρτια που εξετάστηκαν βρέθηκε ιδιαίτερα αυξημένη. Την $1^η$ ημέρα ήταν πάνω από 79%. Οι Unal και Akalin (2012) σε γιαούρτια εμπλουτισμένα με μεγαλύτερη ποσότητα συμπυκνωμένης πρωτεΐνης ορού (WPC84 σε ποσοστό 2% και 4%) σε σχέση με τα γιαούρτια του πειράματος (WPC80- A και WPC80- B), βρήκαν ικανότητα χήλωσης 90,79% και 88,79%, ενώ σε τυριά τύπου Φέτα και Πεκορίνο, η δραστικότητα ήταν αρκετά χαμηλότερη 5,4% και 50% αντίστοιχα (Meira et al., 2012). Ας σημειωθεί επίσης ότι τα γιαούρτια με προσθήκες υπερείχαν σε σχέση με τον μάρτυρα και ότι το γιαούρτι με το υδρόλυμα πρωτεϊνών ορού με τρυψίνη (WPH _A) με αυτή τη μέθοδο παρουσίαζε την μεγαλύτερη ικανότητα χήλωσης (>90% σε όλη τη διάρκεια της διατήρησης). Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με των Onay-Ucar et al (2014), οι οποίοι in vitro βρήκαν ότι όλα τα κλάσματα των πρωτεϊνών του ορού και κυρίως τα μικρού MB που προήλθαν από την υδρόλυση με τρυψίνη παρουσίασαν αυξημένη ικανότητα χήλωσης. Αντίθετα, οι Conway et al. (2012), αναφέρουν ότι, την μεγαλύτερη χηλωτική ικανότητα την εκδηλώνουν τα πεπτίδια που προέρχονται από τις καζείνες και ειδικότερα τα φωσφοπεπτίδια, ενώ τα υδρολύματα των συμπυκνωμάτων των πρωτεϊνών του ορού, κυρίως των μετουσιωμένων, έχουν ελάχιστη

δράση. Μείωση της αντιοξειδωτικής ικανότητας σημειώνεται και πάλι με την πάροδο του χρόνου. Την 21η ημέρα η χηλωτική ικανότητα μειώνεται από 5 έως 11% περίπου, ωστόσο παραμένει αρκετά υψηλή.

**Πίνακας 7.8** Χηλωτική ικανότητα $Fe^{2+}$ (%) σε αγελαδινά προϊόντα τύπου γιαούρτης set type εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC), εμπορικό μίγμα πρωτεϊνών γάλακτος (MPM) ή υδρολύματα (WPH) σε διάφορες αναλογίες (μέσοι όροι 3 πειρ. επαν. ± τυπ. απ.)

| **Ημέρες διατήρησης** | **Γιαούρτι** | **$Fe^{2+}$ chelating activity (%)** |
|---|---|---|
| **1** | **WPC_A** | 86.5 ± 4.1 [a,b]* |
| | **MPM** | 83.9 ± 11.4 [a,b] |
| | **WPH_A** | 98.3 ± 1.9 [b] |
| | **CONTROL** | 74.2 ± 17.5 [a] |
| **21** | **WPC_A** | 75.4 ± 3.9 [a] |
| | **MPM** | 78.7 ± 1.8 [a,b] |
| | **WPH_A** | 91.5 ± 2.3 [a,b] |
| | **CONTROL** | 71.5 ± 4.7 [a] |

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




**Σχήμα 7.10** Χηλωτική ικανότητα $Fe^{2+}$ (%) αγελαδινών γιαουρτιών set type εμπλουτισμένα με διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού (WPC) και υδρολύματα (WPH) κατά την 15η και 21η ημέρα διατήρησης

# 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης ήταν η δημιουργία γιαουρτιών set type με λίπος 1,6% στα οποία προστέθηκαν διάφορα συμπυκνώματα πρωτεϊνών ορού (WPCs) ή υδρολύματά τους (WPHs) τόσο αγελαδινής όσο και πρόβειας/αίγειας προέλευσης. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Η προσθήκη WPCs διαφορετικής προέλευσης και σε διαφορετικά ποσοστά, καθώς και μίγματος WPC με πρωτεΐνες γάλακτος προσέδωσε στα set type αγελαδινά προιόντα τύπου γιαούρτης υψηλότερη ικανότητα συγκράτησης νερού, σκληρότητα και συνάφεια συγκριτικά με τα γιαούρτια με υδρολύματα συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών ορού (WPHs).
- Η προσθήκη του υδρολύματος WPC πρόβειας/αίγειας προέλευσης με τρυψίνη προσέδωσε στο γιαούρτι υψηλή ACE ανασταλτική δραστηριότητα (72%).
- Η προσθήκη διαφόρων συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών του ορού αλλά και υδρολυμάτων του επηρέασε θετικά την αντιοξειδωτική ικανότητα των προϊόντων τύπου γιαούρτης ως προς την χηλωτική ικανότητα $Fe^{2+}$
- Η προσθήκη του υδρολύματος WPC πρόβειας/αίγειας προέλευσης με τρυψίνη προσέδωσε στο γιαούρτι σημαντικά υψηλότερη χηλωτική ικανότητα $Fe^{2+}$ (91-98%) συγκριτικά με αυτήν του μάρτυρα (71-74%) έως την 21$^{η}$ ημέρα διατήρησής τους.

# 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**Ελληνική Βιβλιογραφία**

Ανυφαντάκης Ε. (1992). Μέθοδοι εξετάσεως του γάλακτος και των προιόντων του. Εκδόσεις Σταμούλη.

Βιταλιώτη Κ., (2012). Παρασκευή γιαούρτης από μικροδιηθημένο γάλα. Μεταπτυχιακή μελέτη. ΓΠΑ, Αθήνα.

Διαμαντόπουλος Χ. (2011). Γαλακτοπαραγωγός αγελαδοτροφία και γαλακτοβιομηχανίες στην Ελλάδα. *Περιοδικό Γεωργία- Κτηνοτροφία, τεύχος 9/2011*. Εκδόσεις Αγρότυπος.

Ελληνικός Οργανισμός Γάλακτος και Κρέατος (ΕΛ.Ο. ΓΑ. Κ).

Θεοδώρου Σ., (2015) Επίδραση διαφόρων τεχνολογικών παραμέτρων στα χαρακτηριστικά προϊόντων τύπου γιαούρτης από γίδινο γάλα., Μεταπτυχιακή μελέτη. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ιωάννου Β. Ν.,(2014) Επίδραση διαφόρων τεχνολογικών παραμέτρων στα χαρακτηριστικά προϊόντων τύπου γιαούρτης., Μεταπτυχιακή μελέτη. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Καμιναρίδης Σ. και Μοάτσου Γ. (2014). Γαλακτοκομία. Εκδόσεις Β΄Έμβρυο. Αθήνα .

Καμιναρίδης Σ., (2014). Σημειώσεις του μεταπτυχιακού μαθήματος «Τεχνολογία Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων» .

Κατσαούνης Ν., (2000). Βοοτροφία, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη .

Κεχαγιάς Χ. (2011). Γάλα. Επιστήμη, τεχνολογία και έλεγχοι για τη διασφάλιση της ποιότητας . Εκδόσεις Ίων.

Κυπαρισσίου Π., Μαζαράκη Σ., Παπακωσταντίνου Μ. (2012). Γνωρίζοντας τα Τρόφιμα. Τροφογνωσία – Εμπορευματογνωσία.

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης (2010). Μέρος Α’: Τρόφιμα και Ποτά, κεφάλαιο Ι. Ελληνική Δημοκρατία. Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών. Γενικό Χημείο του Κράτους

Μάντης Α. (2000). Υγιεινή και Τεχνολογία Γάλακτος και των Προϊόντων του. Γ' Έκδοση. Εκδόσεις αδελφών Κυριακίδη.

Μοάτσου Γκ. (2014): Διατροφική αξία και βιολογικές δράσεις του γάλακτος. Σημειώσεις από Μεταπτυχιακό μάθημα ¨Διατροφή του Ανθρώπου¨.

Παπαδόπουλος Γ., (2011). Αγελαδοτροφία, Ελληνοεκδοτική, Αθήνα

Χουχούλη Β., (2012). Παρασκευή λειτουργικών τροφίμων με αντιοξειδωτικές ιδιότητες με χρήση πολυφαινολικών εκχυλισμάτων από υποπροϊόντα οινοποιίας. Μεταπτυχιακή μελέτη. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

**Ξένη Βιβλιογραφία**

Adolfsson O., Meydani S.N. and Russel R.M. (2004). Yogurt and gut function. The American *Journal of Clinical Nutrition*, vol. 80 no.2 245-256.

Aloglou H. Salidere and Z. Öner (2012). Determination of antioxidant activity of bioactive peptide fractions obtained from yogurt. *J Dairy Sci.* 94 :5305–5314

Baba A.S. (2011). Changes in yogurt fermentation characteristics, and antioxidant potential and *in vitro* inhibition of angiotensin-1 converting enzyme upon the inclusion of peppermint, dill and basil. *LWT- Food Science and Technology*. Volume 44, Issue 6, pp. 1458- 1464.

Bayram, T., Pekmez, M., Arda, N., & Yalcın, A. S. (2008). Antioxidant activity of whey protein fractions isolated by gel exclusion chromatography and protease treatment. *Talanta,* 75, 705–709.

Bernardeau M., Vernoux J.P., Dubemet S., and Guegen M. ( 2008). Safety assessment of dairy microorganisms. The Lactobacillus genus, *Int: J. Food Microbiol*., 126, 278.

Bjerre P. (1990). In Recombination of Milk and Milk Products. *Special Issue No. 9001, International Dairy Federation,* Brussels pp. 157- 165.

Buttriss J. ( 1997). Nutritional properties of fermented milk products. *International Journal of Dairy Technology***.** Volume 50, Issue 1, pages 21–27.

Considine T., Noisuwan A., Hermar Y., Wilkinson B., Bronlund J. and Kasapis S. (2011) : Rheological investigations of the interactions between starch and milk proteins in model dairy systems: a rewiew. *Food Hydrocolloids* 25, 2008- 2017.

Chouchouli V., Kalogeropoulos N., Konteles Spyros J., Karvela E., Makris D., Karathanos Ω., (2013) Fortification of yoghurts with grape (Vitis vinifera) seed extracts. *LWT - Food Science and Technology* 53, 522-529

Chobert J.M., El-Zahar, K., Sitohy M., Dalgalarrondo M., Choiset E. and Haertle T. (2005). Angiotensin I-converting (ACE)-inhibitory activity of tryptic peptides of ovine-lactoglobulin and of milk yoghurts obtained by using different starters. *Lait,* 85, 141-152.

Coısson J.D. , Travaglia F., Piana G., Capasso M, Arlorio M. (2005). Euterpe oleracea juice as a functional pigment for yogurt. *Food Research International*, 38, 893–897

Conway V., Gauthier SF, Pouliot Y (2013). Antioxidant activities of buttermilk proteins, whey proteins, and their enzymatic hydrolysates. *J. Agric. Food Chemistry*, 61 (2), 364–372

Damin M.R., Alcaˆntara M.R., Nunes A.P., Oliveira M.N., (2008). Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *Food Science and Technology / Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 1-7, 2009.

Donkor O.N., Henriksson A., Singh T.K., Vasiljevic T. and Shah N.P. (2007). ACE-inhibitory activity of probiotic yoghurt. *International Dairy Journal*, 17, 1321-1331.

El-Salam M.H. ABD EL-SALAM, SAFINAZ EL-SHIBINY, AND AIDA SALEM , (2009) International Factors Affecting the Functional Properties of Whey Protein Products: A Review. *Food Reviews International*, Vol. 25, 3, pp. 1–46

Fabra MJ., Talens P & Chiralt A. (2010): Influence of calcium on tensile, optical and water vapour permeability properties of sodium caseinate edible films. *Journal of Food Engineering* 96, 356- 364.

FAO/WHO, 1977a. Code of principles concerning milk and milk products. Draft standard for yoghurt and sweetened yoghurt. (Standard NoA- 11a, Step 7).

FAO/WHO, 1977b. Code of principles concerning milk and milk products. Standard for flavoured yoghurt and heat-treated after fermentation. (Standard No A- 11b, Step7).

Farvin S. K.H., Caroline P. Baron, Nina Skall Nielsen, Charlotte Jacobsen (2010). Antioxidant activity of yoghurt peptides: Part 1-in vitro assays and evaluationin x-3 enriched milk. *Food Chemistry*, 123, 1081–1089

FitzGerald Richard J., Brian A. Murray, and Daniel J. Walsh (2004). Hypotensive Peptides from Milk Proteins. The Emerging Role of Dairy Proteins and Bioactive Peptides in Nutrition and Health. *Journal of Nutrition*, 13, 4, 980S-988S

Gobbetti M., Minervini F. and Rizzello C. G. (2007): Bioactive peptides in dairy products. In: Handbook of Food Products Manufacturing Y.H. Hui (ed). John Wiley & sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 489- 517.

Gonzalez –Martinez C., Becerra M., Chafer M., Albors A., Carot J.m. & Chiralt A. (2002): Influence of substituting milk powder for whey powder on yogurt quality. *Trends in Food Science and Technology* 13, 334- 340.

Granato D., Branco G. F., Cruz A. G., Fonseca F. J., Shah N.P. (2010): Probiotic Dairy Products as Functional Foods. *Comprehensive reviews in Food Safety,* vol. 9 , Iss. 5, 455-470.

Gupta A , B. Mann, R Kumar, R. Bhagat Sangwan (2009). Antioxidant activity of Cheddar cheeses at different stages of ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 62, 3, 339–347 .

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

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

IDF standard 94 (2004)/ ISO 6611: Milk and milk products. Enumeration of colony forming units of yeasts and/or moulds. Colony-count technique at 25oC.

Jiang Z., Tian B., Brodkorb A., Huo G. (2010). Production, analysis and *in vivo* evaluation of novel angiotensin-I- converting enzyme inhibitory peptides from bovine casein. *Food Chemistry*, 123, 779-786.

Karam M.C., Gaiani C., Hosri C., Burgain J. and Scher J. (2013). Effect of dairy fortification on yogurt textural and sensorial properties: a review. *Journal of Dairy Research*, 80, 400-409.

Kiessling R.S., Schneider J., and Jahreis G. (2002). Long- Term Consumption of Fermented Dairy Products over 6 Months Increases HDL Colesterol. *Eur. J. Clin. Nutr*. 56:843-849.

Kitts D.D. and Weiler K. (2003): Bioactive proteins and peptiedes from sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery. *Curr Pharm Des* 9, 1309- 1323.

Khaled El-Zahar, Chobert J.M., Sitohy M, Dalgalarrondo M. and Haertle Th. (2003). Proteolytic degradation of ewe milk proteins during fermentation of yoghurts and storage. *Nahrung/Food* 47, 3, 199 – 206.

Korhonen H.and A. Pihlanto (2007). Bioactive peptides from proteins, *Handbook of Food Products Manufacturing.* Y. H Hui, eds. John Willey &sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 5- 37.

Kyriacou A., Tsimpidi E., Kazantzi E., Mitsou E., Kirtzalidou E., Oikonomou Y. Gazis G. and Kotsou M. (2008). Microbial content and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from yoghurts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition,* 59, 512-525.

Mao Xue-Ying, Cheng X., Wang X., Wu Si-Jia (2011). Freee-radical scavering and anti-inflammatory effect of yak milk casein before and after enzymatic hydrolysis. *Food Chemistry,* 126, 484-490.

McComas K.A. and Gilliland S.E. (2003). Growth of probiotic and traditional yogurt cultures in milk supplemented with whey protein hydrolysate. *Journal of Food Science*, 68, 2090-2095.

Meira S.M.M., Daroit D.J., Helfer V.E., Corrēa A.P.F., Segalin J., Carro S., Brandelli A. (2012). Bioactive peptides in water soluble extracts of ovine cheeses from Southern Brasil and Uruguay. *Food Research International* 48, 322-329.

Morr C.V. (1985). Composition, physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrates. *Journal of Food Science*, 50, 5, 1406–1411

Önay-Uçar E., Arda N., Pekmez M., Yılmaz A.M., Böke-Sarıkahya N., Kırmızıgül S., Yalçın A. S. (2014). Comparison of antioxidant capacity, protein profile and carbohydrate content of whey protein fractions. *Food Chemistry*, 50, 1, 34–40.

Ozer B.H. and Kirmaci H.A. (2009): Functional milks and dairy beverages. *International Journal of dairy Technology,* 63, 1- 15.

Papadimitriou C.C., Vafopoulou-Mastrojiannaki A., Silva S.V., Gomes A.M., Malcata F.X. and Alichanidis E. (2007). Identification of peptides in traditional and probiotic sheep milk yoghurt with angiotensin I-converting (ACE)-inhibitory activity. *Food Chemistry,* 105, 647-656.

Park Y.W. (2009): *Bioactive Components in Milk Dairy Products*, Wiley- Blackwell.

Patel S. (2011): Evaluating the effect of milk Protein Concetrates (MPC) Fortification on Rheological Properties of Nonfat Set Yogurt Vane Rheometry Vol. Master of Science: The Graduate School University of Wisconsin- Stout.

Pen˜ a-Ramos, E. A., & Xiong, Y. (2003). Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. *Meat Science*, 64, 259–263.

Peng Y., Serra M., Horne D.S. & Lucey J.A> (2009): Effect of fortification with various types of milk proteins on the rheological properties and permeability of nonfat set yogurt. *Journal of Food Science* 74, pp. 666- 673.

Pigeon RM, Cuesta EP, Gilliland SE (2002): Binding of free acids by cells of yogurt starter culture bacteria. *Journal of Dairy Science*, 85, pp. 2705- 2710.

Pihlanto, A. (2006). Antioxidant peptides derived from milk proteins. *International Dairy Journal,* 16, 1306–1314.

Politis I. and Theodorou G. (2016). Angiotensin I-converting (ACE)-inhibitory and anti-inflammatory properties of commercially available Greek yoghurt made from bovine or ovine milk: A comparative study. *International Dairy Journal*, 58, 46-49.

Robinson R.K. and Itsaranuwat P. (2006). Properties of yoghurt and their appraisal. In Tamime A.Y. (Ed.) *Fermented milks.* pp. 76-94. Blackwell Science, SDT, Oxford, UK.

Sakkas L., Lekaki E., Zoidou E., Moschopoulou E. and Moatsou, G. (2016). Development of Biofunctional Hydrolysates from Whey Protein Concentrates of ovine/caprine origin. Poster presentation In: *Inrternational Confernece on Nutraceuticals and Functional Foods*. 7-9 July, Kalamata, Greece.

Severin S. and Wenshui X. (2005): Milk biologically active components as nutraceuticals: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45, pp. 645- 656.

Shah P.N. (2013): Health benefits of yogurt and fermented milks, In: *Manufacturing Yogurt and Fermented milk.* 2nd ed. Pp 433- 448, edited by Chanadan R.C., Kilara A., John Wiley & Sons, Inc.

Shori A.B & Baba A.S. (2012). Comparative antioxidant activity, proteolysis and in vitro a-amylase and a-glucosidase inhibition of Allium sativum-yogurts made from cow and camel milk. *Journal of Saudi Chemical Society*, 11, 1, 50-55.

Sodini I., Montella J. and Tong, P. (2005). Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 853-859.

Srilaorkul S., Ozimek, I., Wolfe, F. and Dziuba J. (1989). The effect of ultrafiltration on physicochemical properties of retentate. *Canadian Institute of Food Science and technology Journal*, 22, 56-62.

Suju, Lin, Tian Weina, Li He, Cao Jiankang & Jiang Weibo, (2012). Improving antioxidant activities of whey protein hydrolysates obtained by thermal preheat treatment of pepsin, trypsin, alcalase and flavourzyme, *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 2045–2051

Tamine A.Y and Marshall V.M.E. (1997). *Microbiology and Technology of Fermented Milks,* edition. Blackie Academic & Professional, London, UK.

Tamine A.Y and Robinson R.K. (2000): *Yogurt science and Technology*. Washington, DC: CRC Press Woodhead.

Tamine A.Y and Robinson R.K. (2007): *Yogurt science and Technology,* 3rd edition. Cambridge, UK: CRC Press Woodhead.

Ummadi MS, Curic-Bawden M. (2010). Use of protein hydrolysates in industrial starter culture fermentations in Protein Hydrolysates in Biotechnology, Vijai K. Pasupuleti & Arnold L. Demain , Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

Unal G. & Akalin A.S (2012a). Influence of fortification with sodium–calcium caseinate and whey protein concentrate on microbiological, textural and sensory properties of set-type yoghurt. *International Journal of Dairy Technology,* 66 (2), 264-272.

Unal G. & Akalın A. S. (2012b). Antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitoryactivity of yoghurt fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Dairy Science & Technology* 92:627–639

Underwood E.J. (1977): Chapter 1. Introduction. In: *Trace elements in Human and Animal Nutrition.* 4th ed. Academic Press, New York. Pp. 1- 12.

Zervas G., (2015), Agricultural University of Athens , Faculty of Animal Science and Aquaculture, Athens.

**Websites**

epp.eurostat.ec.europa.eu
www.dairyco.org.uk
www.FAO.com

www.elogak.gr

www.efet.gr

www.sportsnutritionsociety.org