

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ**  
**ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**



**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος**  
**Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας**  
**“ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ- ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ”**

**ΣΗΛΥΒΡΙΔΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

**«Μελέτη της ζύμωσης του γάλακτος για την παρασκευή**  
**γιαουρτιού υπό την επίδραση εκχυλίσματος ιπποφαούς»**

**ΛΑΡΙΣΑ, 2022**

**«Μελέτη της ζύμωσης του γάλακτος για την παρασκευή  
γιαουρτιού υπό την επίδραση εκχυλίσματος ιπποφαούς»**

**«Study of milk fermentation for the preparation of yogurt under  
the effect of sea buckthorn extract»**

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

### **Γιαννούλη Περσεφόνη**

Επίκουρος καθηγήτρια Τεχνολογίας και Ποιοτικού ελέγχου Τροφίμων Φυτικής Προέλευσης, Τμήμα Βιοχημείας Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

### **Λεωνίδας Δημήτριος**

Καθηγητής Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

### **Μπαλατσός Νικόλαος**

Επίκουρος Καθηγητής Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής οι μεταπτυχιακές μου σπουδές φτάνουν στο πέρας τους και γι' αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που με βοήθησαν στην επίτευξη αυτού.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της μεταπτυχιακής μου διατριβής κ. Γιαννούλη Περσεφόνη, Επίκουρος καθηγήτρια Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας Τροφίμων, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας για τη βοήθεια της, για το ενδιαφέρον της και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Η συνεργασία μας ήταν πολύτιμη για μένα. Επιπλέον, ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Λεωνίδα Δημήτριο, Καθηγητή Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και τον κ. Μπαλατσό Νικόλαο, επίκουρο καθηγητή Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας για την προσοχή και τις παρατηρήσεις τους στην παρούσα μελέτη.

Επίσης, θα ήθελα να απευθύνω τις θερμές μου ευχαριστίες στην εταιρεία *CHr. Hansen, (Denmark)* και στον κ. Tsitso Christo, Sales Manager- DAIRY για τη δωρεά που μας έγινε για την Καλλιέργεια εκκίνησης *YC-380 Thermophillic Yoghurt Culture-Yo Flex®*. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω και την κ. Παπαϊωάννου Χρυσούλα, καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Αγροτεχνολογίας, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που μας έδωσε την σκόνη ιπποφαούς .

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου που είναι δίπλα μου και για τη στήριξη τους σε κάθε μου προσπάθεια.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT .....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	3
1.1 Ιστορία και Σύσταση Ιπποφαούς.....	3
1.2 Ιπποφαές και Υγεία .....	6
1.3 Εφαρμογές του ιπποφαούς στα τρόφιμα .....	7
1.4 Γιαούρτι και Νομοθεσία.....	9
1.5 Καλλιέργεια εκκίνησης- μικροοργανισμοί.....	11
1.5.1 Streptococcus salivarius thermophilus .....	13
1.5.2 Lactobacillus delbrueckii Bulgaricus .....	14
1.6 Παρασκευή Τυποποιημένου Γιαουρτιού.....	15
1.7 Διατροφική αξία και Γιαούρτι.....	19
1.8 Καινοτομίες στην παραγωγή του γιαουρτιού.....	21
1.9 Εκχυλίσματα στο γιαούρτι.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	26
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	26
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	26
2.1 ΥΛΙΚΑ .....	26
2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ.....	26
2.2.1 Παρασκευή Γιαουρτιού .....	26
2.2.2 Παρασκευή υδατικού εκχυλίσματος ιπποφαούς .....	27

2.2.3	Προσδιορισμός pH – Κινητική.....	27
2.2.4	Προσδιορισμός οξύτητας .....	28
2.2.5	Προσδιορισμός Συναίρεσης και Ικανότητας Συγκράτησης Νερού ....	29
2.2.6	Αξιολόγηση χρώματος.....	30
2.2.7	Προσδιορισμός μικροδομής .....	30
2.2.8	Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο .....		33
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....		33
3.1	Κινητική της οξίνισης- Προσδιορισμοί παραμέτρων κινητικής.....	33
3.2	Μέτρηση τιτλοδοτημένης οξύτητας.....	39
3.3	Μέτρηση Συναίρεσης και Ικανότητας Συγκράτησης Νερού .....	41
3.4	Μέτρηση Χρώματος .....	44
3.5	Ανάλυση μικροδομής .....	48
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....		53

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η ζήτηση των καταναλωτών για τρόφιμα με ενισχυμένη διατροφική αξία και αισθητηριακές ιδιότητες έχει αυξηθεί. Το γιαούρτι είναι ένα από τα πιο δημοφιλή γαλακτοκομικά προϊόντα και αποτελεί αναμφισβήτητα υγιεινό προϊόν διατροφής λόγω των ευεργετικών του ιδιοτήτων. Αντίστοιχα, το ιπποφαές και οι καρποί του παρόλο που χρησιμοποιούνται σπάνια στα τρόφιμα, έχουν ιδιότητες που προάγουν την υγεία και γι' αυτό μπορούν να ενσωματωθούν σε γαλακτοκομικά προϊόντα. Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η μελέτη της επίδρασης υδατικού εκχυλίσματος ιπποφαούς σε δείγματα γιαουρτιών. Για το σκοπό αυτό, παρασκευάστηκαν δείγματα γιαουρτιού εμπλουτισμένα με εκχύλισμα από ιπποφαές σε διαφορετικές συγκεντρώσεις 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w, χρησιμοποιώντας καλλιέργεια εκκίνησης που περιείχε τα οξυγαλακτικά βακτήρια *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. Προσδιορίστηκαν φυσικοχημικές και ποιοτικές παράμετροι σε όλα τα δείγματα γιαουρτιών. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατηρήθηκε πως η προσθήκη ιπποφαούς στο ζυμωμένο γιαούρτι επιδρά στο χρόνο ζύμωσης του, μεταβάλλει τη μικροδομή του, διατηρεί σταθερή την % περιεκτικότητα σε γαλακτικό οξύ, μειώνει τη συναίρεση του ενώ αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού. Μεταβολές παρατηρήθηκαν και στο χρώμα των γιαουρτιών, καθώς η προσθήκη ιπποφαούς αύξησε την ερυθρότητα ( $a^*$ ) και το κιτρίνισμα ( $b^*$ ). Επομένως, η ανάπτυξη ενός γιαουρτιού με εκχύλισμα ιπποφαούς είναι δυνατή, προκαλεί αλλαγές σε κάποια χαρακτηριστικά του γιαουρτιού και πιθανώς η παρασκευή ενός τέτοιου προϊόντος έχει ενισχυμένη θρεπτική αξία σε αντίθεση με το συμβατικό γιαούρτι λόγω των συστατικών που περιέχει.

**Λέξεις κλειδιά:** Γιαούρτι, ιπποφαές, καλλιέργεια εκκίνησης, συναίρεση συγκράτηση νερού, γαλακτικό οξύ, θρεπτική αξία

## ABSTRACT

In recent years, consumer demand for foods with enhanced nutritional value and sensory properties has increased. Yogurt is one of the most popular dairy products and is undoubtedly a healthy food product due to its beneficial properties. Respectively, sea buckthorn and its fruits although rarely used in food, have health-promoting properties, and can therefore be incorporated into dairy products. The purpose of this postgraduate thesis was to study the effect of aqueous extract of sea buckthorn on yogurt samples. For this purpose, yogurt samples enriched with sea buckthorn extract in different concentrations 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w and 3% w/w were prepared, using starter culture containing the lactic acid bacteria *Streptococcus salivary subsp. thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. Physicochemical and quality parameters were determined in all yogurt samples. From the results of the measurements, it was observed that the addition of sea buckthorn to fermented yogurt affects its fermentation time, changes its microstructure, maintains regular % lactic acid content, reduces its syneresis while increasing the water holding capacity. Changes were also observed in the color of the yogurts, as the addition of sea buckthorn increased redness ( $a^*$ ) and yellowing ( $b^*$ ). Therefore, the development of a yogurt with sea buckthorn extract is possible, it causes changes in some characteristics of yogurt, and probably the preparation of such a product has an enhanced nutritional value unlike conventional yogurt due to the ingredients it contains.

**Keywords:** Yogurt, sea buckthorn, starter culture, syneresis, water holding capacity, lactic acid, nutritional value



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Ιστορία και Σύσταση Ιπποφαούς

Οι καταναλωτές κυρίως τα τελευταία χρόνια έχουν αλλάξει εκτενώς την αντίληψη τους για τα τρόφιμα και έχουν στραφεί προς την υγιεινή διατροφή αναζητώντας στην αγορά προϊόντα υγιεινά και πιο συγκεκριμένα εκείνα που χαρακτηρίζονται ως «υπερτροφές». Υπερτροφές, θεωρούνται τα λειτουργικά τρόφιμα που έχουν υψηλή συγκέντρωση βιοδραστικών ενώσεων, που επιδρούν θετικά στην υγεία του ανθρώπου. Τέτοιου είδους τρόφιμα μπορούν να βελτιώσουν τη συνολική κατάσταση του σώματος, να μειώσουν την εμφάνιση ορισμένων ασθενειών καθώς και να χρησιμοποιηθούν για τη θεραπεία αυτών (Jagdale et al., 2021). Ένα παράδειγμα τέτοιου τρόφιμου είναι και το ιπποφάες το οποίο μπορεί να καλλιεργείται και να παράγεται σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, ωστόσο περιέχει μια πληθώρα βιοδραστικών ουσιών με πολλά οφέλη για την υγεία. Παράλληλα, έχει μεγάλη εκμεταλλευσιμότητα στη βιομηχανία τροφίμων καθώς έχουν αναπτυχθεί ποικίλα προϊόντα με συστατικό το ιπποφάες π.χ τα αλκοολούχα ποτά, αλλά κατά κύριο λόγο έχει βρει εφαρμογή σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση όπως είναι τα γαλακτοκομικά και τα προϊόντα αρτοποιίας. (Rafalska et al., 2017). Η ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων με υπερτροφές έχει μεγάλο ενδιαφέρον και έχει απασχολήσει πολλούς μελετητές. Το ιπποφάες είναι ένα τρόφιμο ιδιαίτερης σημασίας καθώς ανήκει στην κατηγορία των υπερτροφών και προστίθεται σε πολλά τρόφιμα με διάφορες μορφές και με θετικές επιδράσεις στην υγεία, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια της μελέτης (Nawaz et al., 2019).

Πιο συγκεκριμένα, το ιπποφαές (*Hipporhae rhamnoides* L.) είναι ένας ακανθώδης φυλλοβόλος δίοικος θάμνος που ανήκει στην οικογένεια *Eleagnaceae*. Θεωρείται πως είναι ένα πολύτιμο φυτό που καλλιεργείται σε οπωρώνες κυρίως στην Ευρώπη, στον Καύκασο, τη Μικρά και Κεντρική Ασία, τη Σιβηρία, την Κίνα και το Θιβέτ. Μπορεί να επιβιώσει σε εδάφη με έλλειψη νερού, να αντιστέκεται στην ξηρασία και στον άνεμο και είναι ανθεκτικό σε ακραίες θερμοκρασίες από -40°C έως και +40°C. Όσον αφορά την ταξινόμηση του γένους *Hipporhae* υπάρχουν περίπου 150 είδη, υποείδη και ποικιλίες του ιπποφαούς που έχουν εντοπιστεί εντός της Ευρώπης και της Ασίας, τα οποία όμως διαφέρουν ως προς την εμφάνιση των μούρων του, το βióτοπο του θάμνου και τη χρήση τους (Chandra et al., 2018). Μεταξύ αυτών των ειδών, το πιο διαδεδομένο είδος στην Ευρώπη είναι το *Hipporhae rhamnoides* όπου τα ώριμα μούρα του έχουν σχήμα οβάλ και το χρώμα τους είναι κίτρινο- πορτοκαλί ή κόκκινο ανάλογα την ποικιλία. Το βάρος των μούρων κυμαίνεται από 4-60g που θεωρείται αρκετά υψηλό για κάποιες ποικιλίες. Η παραγωγικότητα των καλλιεργειών είναι ικανοποιητική και η μέθοδος συγκομιδής που προτιμάται και εφαρμόζεται είναι η κοπή των βλαστών λόγω της έλλειψης αγκαθιών, του μικρού μήκους του μίσχου των μούρων και της σταθερής προσκόλλησης των καρπών στα κλαδιά, τα οποία δυσκολεύουν και τη διαδικασία της συγκομιδής. Μετά την ολοκλήρωση της συγκομιδής, τα μούρα υποβάλλονται σε κατάψυξη στους -30°C και στη συνέχεια συλλέγονται και επεξεργάζονται (Ciesaróna et al., 2020).

Τα μούρα, τα φύλλα και ο φλοιός είναι πλούσια σε βιοδραστικές ουσίες με ευεργετικές και θρεπτικές ιδιότητες. Ειδικότερα, αποτελούν μια εξαιρετική πηγή βιταμινών κυρίως C (ασκορβικό οξύ) και E (τοκοφερόλη) ιδιαίτερα στον καρπό του φυτού. Σε μεγάλες ποσότητες επίσης περιέχει Βιταμίνη A, K και κάποιες ομάδες της Βιταμίνης B όπως B1, B2, B6 και φολικό οξύ. Επιπλέον, είναι μια πλούσια πηγή πολυφαινόλων, κυρίως φαινολικών οξέων (γαλλικό οξύ) και φλαβονοειδών καθώς και οργανικών οξέων (μηλικό, κινικό) που προσδίδουν και

την όξινη γεύση στο ιπποφαές. Λόγω της παρουσίας αυτών των οργανικών οξέων, ο χυμός που προκύπτει από το ιπποφαές έχει χαμηλό pH περίπου 2,9-3, δηλαδή υψηλή οξύτητα ενώ η περιεκτικότητα του σε ζάχαρη είναι αρκετά χαμηλή σε σύγκριση με άλλα φρούτα (Jaśniewska & Diowks, 2021). Η παρουσία λίπους στο φυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη ελαίου και λιπαρών οξέων που υπάρχουν σε αυτό. Το έλαιο που προκύπτει από την εκχύλιση του πολτού του ιπποφαούς περιέχει πληθώρα ακόρεστων λιπαρών οξέων με πιο σημαντικά το παλμιτοελαϊκό, το ελαϊκό οξύ, λινολεϊκό, λινολενικό και κάποιες φυτοστερόλες (β-σιτοστερόλη) με πολυάριθμα οφέλη για την υγεία. Τα κυριότερα σάκχαρα που συναντάμε στον καρπό του ιπποφαούς και τα οποία επηρεάζουν τις αισθητηριακές ιδιότητες του είναι η γλυκόζη που είναι το βασικό σάκχαρο στα μούρα του, η φρουκτόζη και η ξυλόζη καθώς και κάποιους πολυσακχαρίτες όπως είναι το άμυλο και σε μικρότερες ποσότητες η πηκτίνη. Το φυτό είναι εμπλουτισμένο με κάποια μέταλλα, όπου ορισμένα από αυτά είναι το κάλιο (K) που είναι και το πιο άφθονο μεταλλικό στοιχείο στα μούρα και στο χυμό, το μαγνήσιο (Mg), ο χαλκός (Cu), ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn), ο ψευδάργυρος (Zn) κ.α, ενώ η ύπαρξη τοξικών στοιχείων στο ιπποφαές είναι πολύ χαμηλή και κάτω από το όριο ανίχνευσης. Κάποια από τα ελεύθερα αμινοξέα που εντοπίζονται στον καρπό είναι το ασπαραγινικό οξύ που είναι και το κυρίαρχο και έπειτα η σερίνη, η γλουταμίνη και η αλανίνη. Αυτά ενισχύουν κάποιες διεργασίες του οργανισμού όπως είναι η οικοδόμηση των μυών και η λειτουργία του εγκεφάλου. Το χρώμα του ιπποφαούς οφείλεται σε κάποιες χρωστικές και πιο συγκεκριμένα στα καροτενοειδή, καθώς τα μούρα του ιπποφαούς είναι γνωστά ως πλούσια πηγή καροτενοειδών, με κύριο το β-καροτένιο και έπειτα το λυκοπένιο και τη ζεαξανθίνη (Zielińska & Nowak, 2017).



*Εικόνα 1. Κλαδί με μούρα από ιπποφαές*

## **1.2 Ιπποφαές και Υγεία**

Εκτός από τα οφέλη του ιπποφαούς στον περιβαλλοντικό και στον οικονομικό τομέα, έχει πολύ μεγάλη θετική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου λόγω των βιοδραστικών ουσιών που περιέχει που αναφέρθηκαν και παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα, διάφορα μέρη από το ιπποφαές και ειδικότερα τα μούρα του που είναι πλούσια πηγή αυτών των ουσιών, έχουν αντιμικροβιακές, αντιοξειδωτικές και δερματολογικές ιδιότητες και γι' αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα φάρμακα (Shen et al., 2021). Για παράδειγμα, η υψηλή περιεκτικότητα Βιταμίνης C στα μούρα του η ίδια ως μικροθρεπτικό συστατικό έχει φαρμακολογικά αποτελέσματα π.χ αντιοξειδωτική δράση, διατήρηση της ακεραιότητας της μεμβράνης και ενίσχυση της σύνθεσης κολλαγόνου. Από την άλλη πλευρά, το έλαιο που προκύπτει από την εκχύλιση του πολτού του ιπποφαούς που περιέχει αυτήν την πληθώρα λιπαρών οξέων, έχει καλλυντικές ιδιότητες και συχνά χρησιμοποιείται σε καλλυντικά γαλακτώματα. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει πως το συγκεκριμένο έλαιο, βελτιώνει την ενυδάτωση και την ελαστικότητα του δέρματος και ανακουφίζει από τα δερματικά εγκαύματα και τις φλεγμονές (Ciesarová et al., 2020). Επιπλέον, οι φυτοστερόλες που υπάρχουν στον πολτό του ιπποφαούς προφυλάσσουν από κάποια καρδιαγγειακά νοσήματα καθώς βελτιώνουν την κυκλοφορία στο δέρμα και ρυθμίζουν

φλεγμονώδεις διεργασίες. Η υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες στα φύλλα του και σε πολυσακχαρίτες προάγει την υγεία, καθώς σύμφωνα με μελέτες παρατηρήθηκαν προστατευτικές ιδιότητες έναντι του τραυματισμού του εντέρου και κατά της κόπωσης αλλά και αυξημένη αντιοξειδωτική δράση (Shen et al., 2021). Τα μούρα του ιπποφαούς είναι επίσης πλούσια σε πολυφαινόλες που δρουν ως αντιοξειδωτικοί παράγοντες και σε φλαβονοειδή που έχουν συνδεθεί με την αναστολή της θρόμβωσης, της υπέρτασης και της επούλωσης τραυμάτων (Jaśniewska & Diowski, 2021). Περιέχουν και μη εύπεπτους ολιγοσακχαρίτες που προάγουν την ανάπτυξη των ωφέλιμων βακτηρίων του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου και μειώνουν την δραστηριότητα βακτηρίων που είναι επιβλαβή (Khoury, 2012). Σημαντική για την υγεία είναι και η περιεκτικότητα ψευδαργύρου στον καρπό του ιπποφαούς καθώς πέρα από την ενίσχυση της βιταμίνης Α, ενισχύει την κυκλοφορία του αίματος και συμβάλλει στον πολλαπλασιασμό των κυττάρων (Rafalska et al., 2017). Οι θετικές επιδράσεις των μούρων και των εκχυλισμάτων τους στον άνθρωπο είναι αποδεδειγμένες γι' αυτό και το φυτό αυτό δίκαια θεωρείται πως έχει τεράστιες θρεπτικές και θεραπευτικές ιδιότητες (Fatima et al., 2012).

### **1.3 Εφαρμογές του ιπποφαούς στα τρόφιμα**

Η ανάπτυξη νέων προϊόντων πιο υγιεινών και θρεπτικών και σύμφωνα με τις απαιτήσεις των καταναλωτών, είναι ένα θέμα που διερευνάται συνεχώς και εφαρμόζεται από τις βιομηχανίες τροφίμων. Το ιπποφάες, έχει αναδειχθεί ως ένα πολλά υποσχόμενο συστατικό για τις εταιρείες τροφίμων λόγω του φυσικοχημικού του προφίλ και των πλεονεκτημάτων του στην υγεία γι' αυτό και εφαρμόζεται ήδη σε πολλά προϊόντα διατροφής (Vilas-Franquesa et al., 2020). Οι καρποί του δεν συνηθίζεται να καταναλώνονται ωμοί λόγω της υψηλής στυπτικότητας και οξύτητας τους, γι' αυτό και χρησιμοποιούνται για την

παρασκευή διαφόρων προϊόντων. Τα πιο δημοφιλή προϊόντα που παρασκευάζονται από αυτό είναι οι χυμοί, οι μαρμελάδες, τα κρασιά, οι πίτες και τα λικέρ. Λόγω της υψηλής οξύτητας που έχει το μούρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ροφημάτων, ενώ τα φύλλα του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή τσαγιού. Το πλούσιο φάσμα βιοδραστικών ενώσεων που διαθέτει έχει παροτρύνει πολλούς ερευνητές να διερευνήσουν την εφαρμογή κάποιων από τα μέρη του φρούτου ή εκχυλίσματα αυτού στα τρόφιμα. Ένα παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι ένα ρόφημα σόγιας με σιρόπι από ιπποφάες για καταναλωτές που έχουν δυσανεξία στη λακτόζη. Αντίστοιχα ένα άλλο παράδειγμα είναι η εφαρμογή του σε αλκοολούχα ποτά π.χ κρασί από ιπποφάες (Rafalska et al., 2017). Επιπλέον, ο χυμός που προκύπτει από το ιπποφάες έχει βρεθεί ότι προάγει την ανάπτυξη κάποιων ωφέλιμων βακτηρίων του εντέρου πιθανώς λόγω των πρεβιοτικών χαρακτηριστικών του (Vilas-Franquesa et al., 2020). Γι' αυτό και πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να συνδυάσουν τα θρεπτικά συστατικά του ιπποφαούς με βακτήρια που συμβάλλουν στην ενίσχυση του εντέρου. Το μούρο από το ιπποφάες έπειτα από έρευνα και κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να προστεθεί ως συστατικό σε προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση και να οδηγήσει σε βελτιωμένες φυσικοχημικές ιδιότητες και σε υψηλότερο πληθυσμό προβιοτικών. Επομένως, είναι ένα συστατικό που καθημερινά μπορεί να εμπλουτίσει τη διατροφή των ανθρώπων και λόγω της υψηλής θρεπτικής αξίας που το χαρακτηρίζει ήδη έχει βρει πολλές εφαρμογές σε τρόφιμα, ποτά, καλλυντικά και φάρμακα (Jaśniewska & Diowks, 2021).

## 1.4 Γιαούρτι και Νομοθεσία

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στις περισσότερες διατροφικές συστάσεις, διότι παρέχουν θρεπτικά συστατικά και βιοδραστικές ενώσεις που προάγουν την υγεία. Ωστόσο, όλα τα γαλακτοκομικά δεν είναι ίσες πηγές θρεπτικών ουσιών και δεν έχουν τον ίδιο αντίκτυπο στην ποιότητα της διατροφής και στην υγεία του ανθρώπου. Τα προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση, όπως είναι το γιαούρτι που είναι ένα από τα πιο βιολογικά ενεργά τρόφιμα που καταναλώνει ο άνθρωπος, θεωρούνται πως είναι εξαιρετικές πηγές βιταμινών, πρωτεϊνών και μετάλλων και πως η θρεπτική τους αξία είναι ιδιαίτερα υψηλή (Gómez-Gallego et al., 2018).

Πιο συγκεκριμένα, και σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) άρθρο 82 ως «Γιαούρτι» 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 αντίστοιχο άρθρο του Κ.Τ.Π των αντίστοιχων ειδών γάλακτος, από τα οποία παρασκευάστηκε αυτό.” (Κ.Τ.Π., 2003)

Από την άλλη πλευρά, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας FAO, WHO και τον Codex Alimentarius, ως γιαούρτι ορίζεται το πήγμα γάλακτος που λαμβάνεται από τη γαλακτική ζύμωση του γάλακτος με τη δράση των βακτηρίων εκκίνησης *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. Οι μικροοργανισμοί αυτοί στο τελικό προϊόν θα πρέπει να είναι άφθονοι και ζωντανοί και σύμφωνα με τη Γαλλική Νομοθεσία το τελικό προϊόν θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον  $10^7$  βιώσιμα βακτήρια ανά γραμμάριο (g) (Sozzi & Smiley, 1980).

Γενικότερα, το Γιαούρτι είναι το πιο κοινό γαλακτοκομικό προϊόν που έχει υποστεί ζύμωση και που έχει ευρεία αποδοχή παγκοσμίως. Η προέλευση του χρονολογείται από το 6000 π.Χ όταν στην κεντρική Ασία οι παραγωγοί των τροφίμων ξεκίνησαν το άρμεγμα των ζώων τους. Είναι γενικά αποδεκτό πως το γιαούρτι ανακαλύφθηκε τυχαία όταν για την αποθήκευση του γάλακτος χρησιμοποιούσαν σάκους δέρματος προβάτου και πλέον εδώ και αιώνες έχει εξελιχθεί σε εμπορική παρασκευή γιαουρτιού ανοίγοντας το δρόμο για διαφορετικές εμπορικά διαθέσιμες ποικιλίες με μια σειρά γεύσεων και μορφών (Research & 2014, 2014). Τη δεκαετία του 1940 έκανε την εμφάνιση του και στην αμερικανική διατροφή όπου και αναγνωρίστηκε ως καλή πηγή ασβεστίου και έπειτα η έννοια του γιαουρτιού ως τρόφιμο ευεξίας εισήχθη τη δεκαετία του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όταν η ασυνήθιστα μεγάλη διάρκεια ζωής ορισμένων αγροτών αποδόθηκε στην κατανάλωση γιαουρτιού (Meybodi et al., 2020). Πιο συγκεκριμένα, είναι το γαλακτοκομικό προϊόν που είναι αποτέλεσμα της βακτηριακής ζύμωσης της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ και μπορεί να παρασκευαστεί από όλους τους τύπους γάλακτος. Αυτό προσδίδει στο γιαούρτι την υφή και τα χαρακτηριστικά του που μοιάζουν με πηκτή, λόγω αλληλεπιδράσεων μεταξύ καζεΐνης, εξωπολυσακχαριτών και γαλακτικού οξέος. Το γιαούρτι παρασκευάζεται μέσω της δράσης δύο βακτηρίων που αναφέρθηκαν και παραπάνω *Lactobacillus Bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus* είτε σε ολόκληρο είτε σε αποβουτυρωμένο γάλα (Ehsani et al., 2016). Αυτά τα βακτήρια τρέφονται με γάλα παράγοντας ένα οξύ το οποίο πήζει την πρωτεΐνη του γάλακτος με αποτέλεσμα να δημιουργείται αυτή η ημιστερεή σύσταση του γιαουρτιού (Sfakianakis & Tzia, 2014). Γενικά, η δομή του γιαουρτιού οφείλεται στο δεσμό μεταξύ της κ-καζεΐνης και των μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού γάλακτος καθώς και στη συσσωμάτωση της καζεΐνης εφόσον το pH κατά τη ζύμωση φτάνει στο ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών της καζεΐνης (Damin et al., 2009). Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται και ως εκκινητές στην παρασκευή



γιαουρτιού βρίσκονται σε τρόφιμα και ζυμωμένα προϊόντα κυρίως σε γαλακτοκομικά, λαχανικά, κρέας, ποτά και προϊόντα αρτοποιίας. Οι βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης αυτών, περιλαμβάνουν αναερόβιες συνθήκες και ειδικότερα θερμοκρασία περίπου από 35°C έως 45°C και pH 5,5-6,5 (Sfakianakis & Tzia, 2014).

## 1.5 Καλλιέργεια εκκίνησης- μικροοργανισμοί

Η ζύμωση της λακτόζης (σάκχαρο του γάλακτος) προς γαλακτικό οξύ κατά την παρασκευή του γιαουρτιού προκύπτει από τη δράση μιας καλλιέργειας μικροοργανισμών. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω και όπως ορίζεται και από τον Codex Alimentarius αυτή η καλλιέργεια γιαουρτιού ή καλλιέργεια εκκίνησης αποτελείται από τους μικροοργανισμούς *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, που είναι υπεύθυνοι για τη γεύση του γιαουρτιού κατά τη ζύμωση του σακχάρου, την αποικοδόμηση πρωτεϊνών (πρωτεόλυση) και την αποικοδόμηση του λίπους (λιπόλυση). Παράλληλα, παράγουν εξωπολυσακχαρίτες (Eps) που παρέχουν στο γιαούρτι αυτήν την παχύρρευστη υφή και έχουν ευεργετική επίδραση στην υγεία του καταναλωτή (Ρορονιέ et al., 2020). Πιο αναλυτικά, οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι ομοζυμωτικά βακτήρια του γαλακτικού οξέος που καλλιεργούνται σε ξεχωριστές παρτίδες καθαρής καλλιέργειας και έπειτα αναμειγνύονται σε κατάλληλες αναλογίες για την παραγωγή καλλιεργειών εκκίνησης. Πολλές φορές, οι καλλιέργειες εκκίνησης γιαουρτιού μπορεί να περιλαμβάνουν και άλλους μικροοργανισμούς, όπως *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus jugurti*, *Lactobacillus helveticus*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium* και *Bifidobacterium bifidobacterium* (Sfakianakis & Tzia, 2014). Όμως η αναλογία 1:1 του *S. thermophilus* προς *L. bulgaricus* είναι η επιθυμητή στην καλλιέργεια εκκίνησης γαλακτοκομικών

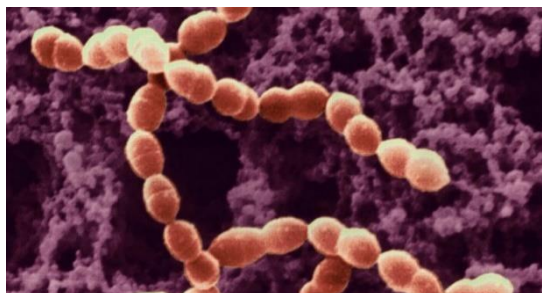
προϊόντων για την παραγωγή γιαουρτιού. (Aghababaie et al., 2015). Οι μικροοργανισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως καλλιέργεια εκκίνησης και δεν είναι προβιοτικά καθώς δεν αναμένεται να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν στην εντερική οδό ενός ατόμου (Khoury, 2012).

Επιπλέον, τα δύο αυτά είδη εμφανίζουν μια σχέση συνέργειας στο περιβάλλον του γάλακτος πράγμα που σημαίνει πως είναι αμοιβαία ωφέλιμα κατά τη ζύμωση, μεταβολίζοντας τη λακτόζη σε γαλακτικό οξύ και προκαλώντας μείωση του pH του γάλακτος. Η συνέργεια μεταξύ *S.Thermophilus* και *L.Bulgaricus* βασίζεται στα μεμονωμένα χαρακτηριστικά τους και ως αποτέλεσμα επιτυγχάνεται υψηλότερος μεταβολισμός της λακτόζης και παραγωγή περισσότερου γαλακτικού οξέος σε σύγκριση με το καθένα που δρα ξεχωριστά. Ο *S.Thermophilus* είναι πιο «αεροανεκτικός» από τον *L.Bulgaricus*, και έχει μεγαλύτερη δραστηριότητα πεπτιδάσης. Όταν αναπτύσσονται μαζί στο γάλα, ο *S.Thermophilus* αναπτύσσεται δυναμικά στην αρχή και δημιουργεί τις απαραίτητες αναερόβιες συνθήκες για την ανάπτυξη του *L.Bulgaricus* ο οποίος αναπτύσσεται πιο αργά (Sfakianakis & Tzia, 2014). Αρχικά, ο *S. thermophilus* υποστηρίζει την ανάπτυξη του *L. bulgaricus* κυρίως επειδή παράγει γαλακτικό και μυρμηκικό οξύ και δημιουργεί τις απαραίτητες αναερόβιες συνθήκες για την ανάπτυξη του *L. Bulgaricus* (Aghababaie et al., 2015). Επιπλέον, παράγει σημαντικά επίπεδα λακτάσης, η οποία καταλύει την υδρόλυση της λακτόζης σε γλυκόζη και γαλακτόζη (Sfakianakis & Tzia, 2014). Από την άλλη πλευρά, ο *L.Bulgaricus* διαθέτει περισσότερα πρωτεολυτικά ένζυμα από τον *S.Thermophilus*. Με αυτόν τον τρόπο, ο *L.Bulgaricus* διεγείρει την ανάπτυξη του *S.Thermophilus* απελευθερώνοντας αμινοξέα όπως γλυκίνη και ιστιδίνη και σύντομα πεπτίδια στο μέσο ανάπτυξης (Aghababaie et al., 2015). Μέσω συντονισμένων διαδοχικών δραστηριοτήτων και τα δύο βακτήρια επιταχύνουν ολόκληρη τη ζύμωση, την οποία κανένα από αυτά δεν θα μπορούσε να επιτύχει μεμονωμένα. Όταν το pH του γιαουρτιού πλησιάζει το 5.0, η δραστηριότητα του

*S.thermophilus* υποχωρεί και ο *L.Bulgaricus* κυριαρχεί σταδιακά στη συνολική διαδικασία ζύμωσης μέχρι να επιτευχθεί η τιμή στόχος του pH και να σταματήσει η διαδικασία ζύμωσης (Sfakianakis & Tzia, 2014). Όσον αφορά, την θερμοκρασία ανάπτυξης των βακτηρίων προκειμένου να επιτευχθεί και η ζύμωση του γιαουρτιού, η ιδανική θερμοκρασία που αναπτύσσονται τα περισσότερα βακτήρια κυμαίνεται από 37°C -43°C με εξαίρεση το *L. acidophilus* που μπορεί να αναπτυχθεί και σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Ωστόσο πολύ υψηλές θερμοκρασίες όπως μεγαλύτερες των 45°C είναι προφανές πως θα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη και στη βιωσιμότητα των βακτηρίων. Επομένως, η επώαση στους 37 °C, εκτός από ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης για τα βακτήρια, έχει επίσης θετική επίδραση και στη συνεργιστική σχέση μεταξύ του *S.Thermophilus* και του *L. bulgaricus* λόγω της μείωσης του ρυθμού ανάπτυξής τους (Meybodi et al., 2020).

### 1.5.1 *Streptococcus salivarius thermophilus*

Ο *Streptococcus Thermophilus* ανήκει στο γένος των στρεπτόκοκκων και στη θερμόφιλη ομάδα των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος και χρησιμοποιείται παραδοσιακά σε συνδυασμό με τα είδη *Lactobacillus* ως καλλιέργεια εκκίνησης για την παραγωγή γιαουρτιού. Πιο συγκεκριμένα, είναι ένας *Gram* θετικός σφαιρικός έως ωοειδής κόκκος διαμέτρου 0,7-0,9 μm που εμφανίζεται σε ζεύγη και αλυσίδες και έχει βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης 35°C -53°C γι' αυτό και θεωρείται θερμοανθεκτικό. Το προτεολυτικό του σύστημα υστερεί σε σχέση με άλλα βακτήρια γι' αυτό και συνήθως "ζευγαρώνει" με ένα *Lactobaccillus sp.* προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή οξέος. Επιπλέον, ορισμένα στελέχη παράγουν εξωπολυσακχαρίτες που είναι σημαντικής σημασίας για την τελική υφή του γιαουρτιού (Lazzi et al., 2009).



**Εικόνα 2.** Απεικόνιση του *Streptococcus salivarius thermophilus*

### 1.5.2 *Lactobacillus delbrueckii* *Bulgaricus*

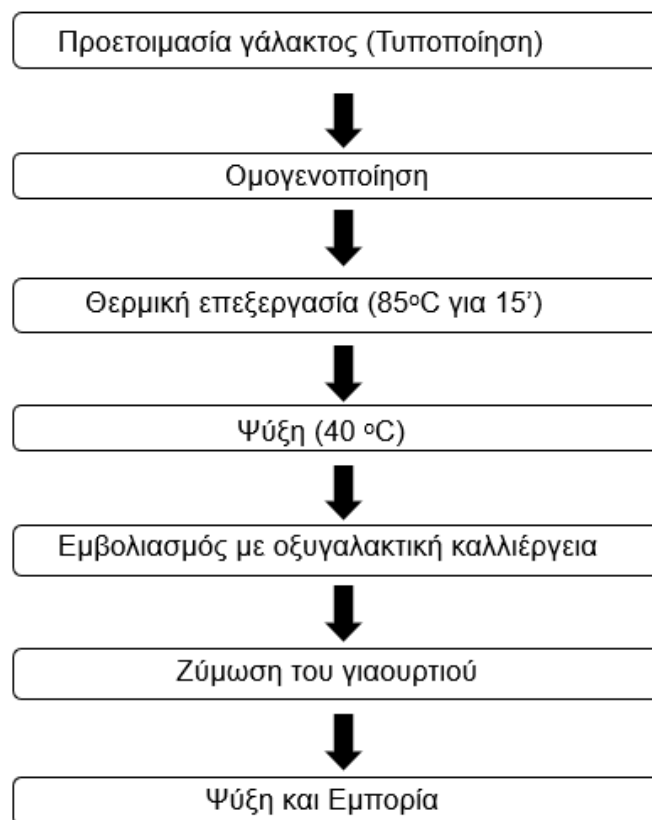
Ο *Lactobacillus Bulgaricus* είναι ένα *Gram* θετικό βακτήριο που ανήκει στο γένος των λακτοβάκιλλων και θεωρείται πως είναι το κύριο βακτήριο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του γιαουρτιού. Μετατρέπει τις εξόζες σε γαλακτικό οξύ και συνήθως απομονώνεται από το γιαούρτι και το τυρί. Οι υδατάνθρακες που ζυμώνονται από τον *L.Bulgaricus* είναι κυρίως η γλυκόζη, η φρουκτόζη και η λακτόζη. Το γαλακτικό οξύ είναι το κύριο προϊόν της ζύμωσης. Ωστόσο, παράγονται και δευτερογενή προϊόντα όπως η ακεταλδεύση, η ακετόνη και το δικετύλιο σε χαμηλές όμως συγκεντρώσεις. Τα κύτταρα του έχουν σχήμα ράβδου με στρογγυλεμένα άκρα και η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του είναι 40°C-44°C. (Teixeira, 2014).



**Εικόνα 3.** Απεικόνιση του *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*

## 1.6 Παρασκευή Τυποποιημένου Γιαουρτιού

Η παρασκευή του τυποποιημένου γιαουρτιού σε μία γαλακτοβιομηχανία περιλαμβάνει διαδικασίες που οδηγούν στην συσκευασία του τελικού προϊόντος δηλαδή του γιαουρτιού. Στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί αποτυπώνονται αυτές οι διαδικασίες συνοπτικά.



*Διάγραμμα 1. Διάγραμμα Ροής για τα στάδια παρασκευής τυποποιημένου γιαουρτιού*

Σε μία γαλακτοβιομηχανία το νωπό γάλα υφίσταται αρχική επεξεργασία προτού ξεκινήσουν οι διαδικασίες για την παρασκευή του γιαουρτιού. Αυτή περιλαμβάνει φυγοκέντρηση των σωματικών κυττάρων, ήπια θέρμανση προκειμένου να επιτευχθεί θάνατος πολλών φυτικών μικροοργανισμών και

μερική αδρανοποίηση ενζύμων και ακολουθεί ψύξη του γάλακτος σε θερμοκρασία  $<5^{\circ}\text{C}$ . Αυτή η προετοιμασία του γάλακτος δεν προκαλεί καμία μη αναστρέψιμη αλλαγή στο γάλα και το καθιστά έτοιμο για να ξεκινήσει η τυποποιημένη διαδικασία παρασκευής γιαουρτιού η οποία αναλύεται παρακάτω (Sfakianakis & Tzia, 2014).

## **Τυποποίηση συστατικών γάλακτος**

Μέρος της τυποποίησης του γάλακτος αποτελεί ο έλεγχος της περιεκτικότητας σε λιπαρά και στερεά μη λιπαρά έτσι ώστε το τελικό προϊόν να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της νομοθεσίας. Η περιεκτικότητα σε λιπαρά στο γιαούρτι κυμαίνεται από 0,1%-10% ανάλογα με τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο λίπους πραγματοποιείται είτε η προσθήκη αποβουτυρωμένου γάλακτος, είτε ο διαχωρισμός του λίπους από το γάλα μέσω φυγοκέντρησης και έπειτα ανάμιξη του λίπους του γάλακτος με το αποβουτυρωμένο γάλα (Robinson & Tamime, 1993). Γενικότερα η διαδικασία της τυποποίησης του γάλακτος είναι μεγάλης σημασίας, διότι η περιεκτικότητα σε λιπαρά του γάλακτος επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του γιαουρτιού, το ρυθμό μείωσης του pH καθώς και τη διάρκεια της διαδικασίας της ζύμωσης του γιαουρτιού και την απόδοση του γάλακτος στη παρασκευή γιαουρτιού. (Sfakianakis & Tzia, 2014).

## **Ομογενοποίηση**

Μετά την τυποποίηση του γάλακτος ακολουθεί η ομογενοποίηση του, μέσω της οποίας διατηρείται η ομοιομορφία του προϊόντος. Βασική αρχή της ομογενοποίησης είναι η υποβολή των λιποσφαιρίων σε σοβαρές συνθήκες προκειμένου να διαταραχθεί η μεμβράνη που τα περιβάλλει, να διασπαστούν και

στη συνέχεια τα νέα μικρότερα σφαιρίδια να διατηρηθούν σε διασπορά σε όλη τη μάζα του γάλακτος. Με αυτόν τον τρόπο παρεμποδίζεται η άνοδος των σφαιριδίων του λίπους στην επιφάνεια του γάλακτος και δεν σχηματίζεται συσσωμάτωμα στην επιφάνεια του γιαουρτιού (Sfakianakis & Tzia, 2014). Πιο συγκεκριμένα, η ομογενοποίηση πραγματοποιείται με την εφαρμογή πίεσης, υψηλής ταχύτητας ροής του γάλακτος, όπου συνήθως στη γαλακτοβιομηχανία η πίεση που εφαρμόζεται είναι 10-20 και 5 MPa πιέσεις πρώτου και δεύτερου σταδίου. Τα κύρια αποτελέσματα αυτής είναι η μείωση της διαμέτρου των λιποσφαιρίων, η αύξηση της λευκότητας του γιαουρτιού και η μείωση του διαχωρισμού του ορού γάλακτος. Επιπλέον, επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του γιαουρτιού καθώς το μικρό μέγεθος των λιποσφαιρίων διευκολύνει την ενσωμάτωση του λίπους στο πρωτεϊνικό δίκτυο αλλά και βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του δίνοντας μια πιο κρεμώδη γεύση (Lee & Lucey, 2010).

## **Θερμική επεξεργασία- Παστερίωση**

Το στάδιο αυτό θεωρείται το σημαντικότερο στην παρασκευή του γιαουρτιού. Όπως και σε κάθε γαλακτοκομικό προϊόν σκοπός της παστερίωσης είναι η εξάλειψη των παθογόνων βακτηρίων. Σημαντικό επίσης είναι κατά την παστερίωση να μετουσιωθούν οι πρωτεΐνες για να επιτευχθεί το υψηλότερο επίπεδο λειτουργικότητας από τις πρωτεΐνες γάλακτος. Μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες θερμοκρασίες με βάση τη διάρκεια και τη θερμοκρασία. Η πιο έντονη θερμική επεξεργασία είναι η παστερίωση σε υψηλή θερμοκρασία, 85° για 30 λεπτά ή 90-95° για 5 λεπτά (Robinson & Tamime, 1993). Ειδικότερα, κατά τη διάρκεια της παστερίωσης θανατώνονται οι περισσότεροι μικροοργανισμοί, τα περισσότερα ένζυμα απενεργοποιούνται (εκτός από την πρωτεΐνάση γάλακτος και λιπάσες), οι πιο πολλές πρωτεΐνες ορού του γάλακτος

μετουσιώνονται και αναπτύσσεται μια ξεχωριστή γεύση λόγω σχηματισμού κυρίως κάποιων κετονών, υφή και δομή στο γιαούρτι (Routray & Mishra, 2011).

## **Ζύμωση Γιαουρτιού**

Το γάλα μετά την θερμική επεξεργασία ψύχεται σε θερμοκρασία 43-46 °C και έπειτα εμβολιάζεται με μικτή καλλιέργεια εκκίνησης που αποτελείται από *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. Στη συνέχεια, μετά την προσθήκη της οξυγαλακτικής καλλιέργειας ακολουθεί το στάδιο της ζύμωσης, όπου σχηματίζεται το πήγμα του γιαουρτιού και αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά της υφής και της γεύσης του. Ο βασικός παράγοντας της διαδικασίας της ζύμωσης είναι η καλλιέργεια εκκίνησης που λειτουργεί μέσω βιοχημικών αντιδράσεων και προκαλεί το σχηματισμό του πηγματος (Research & 2014, 2014). Κατά τη διάρκεια της επώασης, πέρα από το γαλακτικό οξύ σχηματίζονται και άλλες καρβονυλικές ενώσεις όπως ακεταλδεύδη, διμεθυλοσουλφίδιο κ.α που συμβάλλουν στην ξεχωριστή γεύση του γιαουρτιού. Επιπλέον, απελευθερώνονται κάποια λιπαρά οξέα λόγω της δραστηριότητας της λιπάσης κυρίως στεατικό και ελαϊκό οξύ, η ποσότητα των μετάλλων στο γιαούρτι παραμένει ίδια και αυξάνεται η περιεκτικότητα της βιταμίνης Β. Η ιδανική θερμοκρασία επώασης είναι 40°C-43°C για περίπου 4 ώρες και η ζύμωση ολοκληρώνεται όταν το pH φτάσει στην τιμή 4.6 και επέλθει η πήξη και η μετατροπή του σε γιαούρτι (Sfakianakis & Tzia, 2014).



## Ψύξη

Μετά τη ζύμωση του γιαουρτιού όπου το pH έχει φτάσει την τιμή 4.6, το προϊόν κατανέμεται σε περιέκτες και ψύχεται σε θερμοκρασία περίπου 5 °C όπου είναι και το τελευταίο στάδιο κατά την παρασκευή του γιαουρτιού. Αυτό παρεμποδίζει την αύξηση της οξύτητας και αποτρέπει την ανάπτυξη της καλλιέργειας εκκίνησης. Γενικότερα, η ψύξη επηρεάζει τις ιδιότητες του γιαουρτιού και μπορεί να γίνει σε μία ή δύο φάσεις. Είναι προτιμότερη η ψύξη σε δύο φάσεις η οποία ξεκινά με ταχεία μείωση της θερμοκρασίας σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 20 και στη συνέχεια φτάνει σταδιακά στη θερμοκρασία των 5 °C που οδηγεί και σε σχηματισμό γιαουρτιού με αυξημένο ιξώδες και περιορισμένη συναίρεση. Διαφορετικά, η πρόωρη ή η ψύξη που πραγματοποιείται με καθυστέρηση οδηγεί σε χαμηλή συνεκτικότητα και αυξημένη συναίρεση (Lee & Lucey, 2010).

### 1.7 Διατροφική αξία και Γιαούρτι

Δεκαετίες έρευνας υποδηλώνουν πως η κατανάλωση τροφίμων που έχουν υποστεί ζύμωση και ιδιαίτερα των γαλακτοκομικών προϊόντων επιδρά θετικά στην υγεία του ανθρώπου (Savaiano & Hutkins, 2021). Ως προϊόν που έχει υποστεί ζύμωση το γιαούρτι, επιφέρει πολλά οφέλη για την υγεία σε σχέση με το μητρικό του συστατικό το γάλα, καθώς η ζύμωση μπορεί να αυξήσει τη βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών του. Είναι μια τροφή πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και καλή πηγή πρωτεΐνης και πεπτιδίων καθιστώντας το ιδανικό για πληθυσμούς που παρουσιάζουν έλλειψη κάποιων θρεπτικών συστατικών π.χ ηλικιωμένοι και παιδιά που είναι σημαντικό να αναπτύξουν ή να διατηρήσουν την μυϊκή του μάζα. Επιπλέον, είναι μια καλή πηγή ασβεστίου, μαγνησίου, βιταμίνης B-12 και ριβοφλαβίνης και μετάλλων που είναι απαραίτητα

για υγιή οστά, δόντια και ανοσοποιητικό σύστημα. Αποτελεί επίσης καλή πηγή ιωδίου κυρίως για πληθυσμούς που δεν διαθέτουν τροφές εμπλουτισμένες με ιώδιο (Fernandez & Marette, 2017). Ο βασικός υδατάνθρακας που περιέχει το γιαούρτι είναι η λακτόζη, όπου η ζύμωση αυτής κατά την παρασκευή του και η μετατροπή της σε γαλακτικό οξύ, καθιστά αυτό το τρόφιμο μια καλή επιλογή για τα άτομα που έχουν δυσανεξία στη λακτόζη η οποία είναι και πιο εύπεπτη από το γάλα (Poronić et al., 2020).

Εκτός από τη συμβολή του στις ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά, η αντίληψη του γιαουρτιού ως «υγιεινής» τροφής έχει ενισχυθεί από τους ισχυρισμούς για οφέλη για την υγεία (Reading & Sweeteners, n.d.). Πιο συγκεκριμένα, η συχνή κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει σε επαρκείς ποσότητες τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος LAB έχει θετικά αποτελέσματα στη μικροχλωρίδα του εντέρου, διότι τα ωφέλιμα βακτήρια του εντέρου συμβάλλουν στην ισορροπία της εντερικής χλωρίδας και στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Παράλληλα, μελέτες έχουν δείξει πως τα γιαούρτια που παρασκευάζονται με αυτά τα βακτήρια, αναστέλλουν τον καρκίνο του παχέος εντέρου, συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της δυσανεξίας στη λακτόζη και αποτρέπουν την εμφάνιση διαφόρων φλεγμονωδών ασθενειών του εντέρου, το διαβήτη τύπου 2, το μεταβολικό σύνδρομο και κάποιες αλλεργικές παθήσεις (Poronić et al., 2020).

**Πίνακας 1.** Διατροφική σύνθεση γιαουρτιού πλήρους λιπαρών και χωρίς λιπαρά

Θρεπτικά συστατικά /100g	Γιαούρτι πλήρες	Γιαούρτι χωρίς λιπαρά	Βιβλιογραφία
Πρωτεΐνες	3.8 g	4.4 g	(Hashemi Gahrui et al., 2015)
Λιπαρά	3.8 g	0.1 g	(Hashemi Gahrui et al., 2015)
Ενέργεια	70 kcal	39 kcal	(Hashemi Gahrui et al., 2015)

## 1.8 Καινοτομίες στην παραγωγή του γιαουρτιού

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελούν εδώ και πολλά χρόνια ένα πολύ σημαντικό συστατικό της ανθρώπινης διατροφής. Συγκεκριμένα, το γιαούρτι τη σημερινή εποχή θεωρείται πως είναι ένα προϊόν που καταναλώνεται πολύ συχνά και που οι καταναλωτές το προτιμούν και το εκτιμούν τόσο για τη γεύση του, όσο και για τη διατροφική του αξία και τα οφέλη του στην ανθρώπινη υγεία. Παρόλο που οι ευεργετικές ιδιότητες του γιαουρτιού είναι πολλές, τα τελευταία χρόνια καταβάλλονται συνεχείς προσπάθειες για την βελτίωση της διατροφικής του αξίας και των οργανοληπτικών και λειτουργικών του χαρακτηριστικών είτε με την προσθήκη διαφόρων πρόσθετων συστατικών όπως φρούτα ή πρωτεΐνες γάλακτος (WPC) είτε με την ανάπτυξη καινοτόμων γιαουρτιών, όπως το προβιοτικό γιαούρτι που θα αναλυθεί στη συνέχεια (Strains & Time, 2020)

### Προβιοτικό Γιαούρτι

Ως προβιοτικά χαρακτηρίζονται οι «ζωντανοί» μικροοργανισμοί που όταν χορηγούνται σε επαρκείς ποσότητες επιφέρουν οφέλη για την υγεία του καταναλωτή. Ένα παράδειγμα προβιοτικών είναι τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος που χρησιμοποιούνται πολλές φορές ως καλλιέργεια εκκίνησης στο γιαούρτι, όμως τα πιο κύρια προβιοτικά βακτήρια που χρησιμοποιούνται είναι το *Lactobacillus acidophilus* και το *Bifidobacterium bifidum*. Το γιαούρτι με «προβιοτικά βακτήρια» είναι ένα λειτουργικό τρόφιμο που επιδρά θετικά στην υγεία του καταναλωτή και γι' αυτό το λόγο πολλοί ερευνητές όπως αναφέρουν οι μελέτες το παρασκεύασαν με συνδυασμό καλλιεργειών προβιοτικών στελεχών και το σύγκριναν με το παραδοσιακό γιαούρτι. Η ανάλυση έδειξε πως το προβιοτικό γιαούρτι παρουσίασε περισσότερες αλλαγές στις θρεπτικές, ρεολογικές και οργανοληπτικές του ιδιότητες κατά την αποθήκευση από ότι το

παραδοσιακό γιαούρτι. Κατά τη ζύμωση του παράγεται διαφορετική ποσότητα μεταβολικών προϊόντων γι' αυτό και η διατροφική του αξία διαφέρει, είναι ένα γιαούρτι με χαμηλές θερμίδες, με μεγαλύτερη συνολική αποδοχή από τον καταναλωτή, με περισσότερη οξύτητα και λιγότερη γλυκύτητα (Soni et al., 2020).

### **Γιαούρτι με προστιθέμενη πρωτεΐνη ορού γάλακτος**

Η προσθήκη πρωτεϊνών ορού γάλακτος (WPC) στο γιαούρτι είναι μια καλή λύση που θα προσφέρει στους καταναλωτές ένα καινοτόμο προϊόν, λειτουργικό με ιδιότητες που θα προάγουν την υγεία και που θα δημιουργήσει νέες ευκαιρίες στην αγορά τροφίμων. Σύμφωνα με τους *Glibowski* και *Rybak*, η προσθήκη πρωτεϊνικών σκευασμάτων στη γαλακτοβιομηχανία θα οδηγήσει στην παραγωγή μιας εκδοχής του γιαουρτιού μη λιπαρής, με βελτιωμένη υφή και περισσότερη ομοιογένεια στο πήγμα. Έπειτα από ανάλυση, η σύγκριση ενός παραδοσιακού γιαουρτιού με ένα γιαούρτι με προστιθέμενη πρωτεΐνη γάλακτος έδειξε βελτιωμένες οργανοληπτικές ιδιότητες, πιο ομοιογενή μικροδομή, μειωμένη συναίρεση και διατήρηση των θρεπτικών του συστατικών. Επομένως, η προσθήκη μικρής ποσότητας πρωτεΐνης ορού γάλακτος στο γιαούρτι μπορεί να εφαρμοστεί στη γαλακτοβιομηχανία και να επιφέρει ένα νέο λειτουργικό προϊόν (Strains & Time, 2020).

### **Γιαούρτι με γεύση φρούτων**

Η γεύση είναι ένας βασικός παράγοντας για την αποδοχή των τροφίμων από τους καταναλωτές. Το γιαούρτι είναι ένα γαλακτοκομικό προϊόν με χαρακτηριστική όξινη γεύση, λόγω των οξυγαλακτικών βακτηρίων (LAB) που δρουν κατά τη ζύμωση του. Τα τελευταία χρόνια, οι οργανοληπτικές αξιολογήσεις σε πολλές μελέτες έχουν δείξει έντονη προτίμηση για το φρουτώδες

γιαούρτι, γι' αυτό και η προσθήκη φρούτων στην παρασκευή του γιαουρτιού επιχειρείται συνεχώς όλο και περισσότερο. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση φρούτων στο γιαούρτι βελτιώνει τη γεύση του αλλά αυξάνει και την ευεργετική επίδραση και τη διατροφική αξία του τροφίμου, με αποτέλεσμα να αυξηθεί σημαντικά η κατανάλωση του από όλες τις ηλικίες. Η πηκτίνη και τα σάκχαρα από τα φρούτα που αναμειγνύονται με το γιαούρτι, προκαλούν αύξηση του ιξώδους και μείωση της συναίρεσης. Τα φρούτα μπορούν να προστεθούν στα παρασκευάσματα γιαουρτιού είτε αυτούσια είτε ως μίγματα με τη μορφή κατεψυγμένων φρούτων, χυμών ή σιροπιού. Τα πιο συνηθισμένα φρούτα που χρησιμοποιούνται σε τύπους γιαουρτιού είναι το πορτοκάλι, το κεράσι, το ροδάκινο, τα μούρα κ.α. Επομένως, η ενσωμάτωση των φρούτων στο ζυμωμένο αυτό τρόφιμο βελτιώνει την εικόνα του γιαουρτιού και τις επιδράσεις του στην ανθρώπινη υγεία και είναι ένα θέμα που μελετάται συνεχώς (Taneva et al., 2016).

## **1.9 Εκχυλίσματα στο γιαούρτι**

Τα τελευταία χρόνια, οι παραγωγοί των γαλακτοκομικών προϊόντων καταβάλλουν μεγάλη προσπάθεια να προσφέρουν μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων που θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες και στις προσδοκίες του καταναλωτή. Ιδιαίτερα στα προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση όπως είναι το γιαούρτι που θεωρείται ένα σύνθετο τρόφιμο καθώς ενσωματώνει στη δομή του πρωτεΐνες, λιπίδια και πολυσακχαρίτες γίνονται συνεχείς προσπάθειες εμπλουτισμού του με φυτικά πρόσθετα και εκχυλίσματα που θα βελτιώσουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Γενικότερα, η εφαρμογή των προσθέτων σε ένα τρόφιμο επηρεάζει τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά του δηλαδή τη γεύση, το χρώμα, την υφή, την οσμή και μπορεί να επηρεάσει και τη συναίρεση. Μεταξύ άλλων, μπορεί να αυξήσει και την περιεκτικότητα σε βιοδραστικές ουσίες, κάτι που είναι σημαντικό καθώς συμβάλλει θετικά στον ανθρώπινο οργανισμό και προάγει την

υγεία. Γι' αυτό το λόγο έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την παραγωγή γιαουρτιών εμπλουτισμένων με φυσικά εκχυλίσματα που είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικά, συμπεριλαμβανομένης της συμπλήρωσης με διάφορα φρούτα ή εκχυλίσματα αυτών, λαχανικά, δημητριακά, ξηρούς καρπούς ή και απόβλητα επεξεργασίας φρούτων απαραίτητα για τη βελτίωση τόσο της ποιότητας όσο και της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών και άλλων ουσιών με ελάχιστες παρενέργειες στην υγεία (Chouchouli et al., 2013). Επομένως, τα προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση και ειδικότερα το γιαούρτι εμπλουτισμένο με φυσικά πρόσθετα και εκχυλίσματα, καθίσταται πιο ελκυστικό αυξάνοντας τη ζήτηση του από τους καταναλωτές (Brodziak et al., 2021). Στην παρούσα έρευνα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια παρασκευάστηκε γιαούρτι εμπλουτισμένο με εκχύλισμα ιπποφασούς (*Hippophae rhamnoides* L.), που είναι ένα καινοτόμο και λειτουργικό προϊόν με ιδιότητες που προάγουν την υγεία.

## ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης των εκχυλισμάτων ιπποφαούς στη ζύμωση του γάλακτος και στα δείγματα γιαουρτιού που προκύπτουν από αυτήν. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν υδατικά εκχυλίσματα από ιπποφαές σε συγκεντρώσεις 0% w/w, 0.5%w/w, 1%w/w, 2%w/w και 3%w/w και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που προσδιορίστηκαν ήταν η οξύτητα, η συναίρεση και η ικανότητα συγκράτησης νερού, το χρώμα και η μικροδομή. Επιπλέον, μελετήθηκε και η κινητική των δειγμάτων γιαουρτιού εμπλουτισμένων με εκχύλισμα από ιπποφαές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 ΥΛΙΚΑ

- Εμπορικό αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη στιγμιαίας διάλυσης
- Κατεψυγμένη, λυοφιλοποιημένη Καλλιέργεια εκκίνησης *YC-380 Thermophillic Yoghurt Culture-Yo Flex®* της εταιρείας *CHr. Hansen (Denmark)*, που περιέχει τα οξυγαλακτικά βακτήρια *Streptococcus salivarius Thermophilus, Lactobacillus delbrueckii Bulgaricus*
- Απεσταγμένο νερό
- Λυοφιλοποιημένη σκόνη από ιπποφαές
- *NaOH (Sigma Aldrich, 0,1N)*
- Φαινολοφθαλεΐνη (*Sigma Aldrich*)

### 2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 2.2.1 Παρασκευή Γιαουρτιού

Για την παρασκευή του γιαουρτιού τόσο του control 0% w/w όσο και εκείνου με την προσθήκη του εκχυλίσματος ιπποφαούς στις συγκεντρώσεις 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3%w/w ακολουθήθηκε η εξής πειραματική διαδικασία όπως περιγράφεται από τους *Batista et al., (2015)*, *Cruz et al., (2013)* με μικρές τροποποιήσεις (*Zhang et al., 2019*). Αρχικά, το αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη ομογενοποιήθηκε με απεσταγμένο νερό και έπειτα πραγματοποιήθηκε η παστερίωση του στους 90 °C για 15 λεπτά και ψύξη μέχρι η θερμοκρασία να



φτάσει στους 40 °C. Στη συνέχεια προστέθηκε το υδατικό εκχύλισμα ιπποφαούς και πραγματοποιήθηκε ο εμβολιασμός με την καλλιέργεια εκκίνησης. Το μίγμα αναδεύτηκε για 15 λεπτά και μοιράστηκε σε κυλινδρικούς πλαστικούς περιέκτες. Ύστερα, τα δείγματα επωάστηκαν στους 37 °C μέχρι να φτάσουν στην τιμή pH 4.6 (ζύμωση του γιαουρτιού). Μετά το πέρας της ζύμωσης, τα δείγματα ψύχθηκαν και διατηρήθηκαν στο ψυγείο για τις περαιτέρω αναλύσεις τους. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε 3 φορές σε όλα τα δείγματα πηγμάτων γάλακτος.

### **2.2.2 Παρασκευή υδατικού εκχυλίσματος ιπποφαούς**

Η παρασκευή των εκχυλισμάτων ιπποφαούς πραγματοποιήθηκε όπως περιγράφεται από τους (Mahmoudi et al., 2016) με μικρές τροποποιήσεις. Λυοφιλοποιημένη σκόνη ιπποφαούς εκχυλίστηκε σε απεσταγμένο νερό μέχρι η θερμοκρασία να φτάσει στους 100°C. Στη συνέχεια, το υπερκείμενο διηθήθηκε και παρασκευάστηκαν τα εκχυλίσματα στις ανάλογες συγκεντρώσεις.

## **Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων**

### **2.2.3 Προσδιορισμός pH – Κινητική**

Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του γιαουρτιού μετρήθηκαν οι τιμές pH κάθε 30' για όλα τα δείγματα, μέχρι να φτάσουν την τιμή pH 4.6. Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, υπολογίστηκε ο μέγιστος ρυθμός οξίνισης ( $V_{max}$ ) όπου ορίστηκε ως η χρονικά εξαρτώμενη διακύμανση του pH ( $dpH/dt$ ) εκφρασμένη σε  $10^{-3}$  μονάδες pH/min και οι εξής κινητικές παράμετροι: (α)  $t_{vmax}$  (min), ο χρόνος που επιτεύχθηκε το  $V_{max}$  (μέγιστος ρυθμός οξίνισης), (β)  $pH_{vmax}$ , η τιμή του pH όταν το δείγμα του γιαουρτιού βρέθηκε στον μέγιστο ρυθμό οξίνισης, (γ)  $t_{pH5}$  (min) δηλαδή ο χρόνος

που χρειάστηκε για να φτάσει το δείγμα στην τιμή pH 5 και ( $\delta$ )  $t_{pH4,6}$  (min), δηλαδή ο χρόνος που χρειάστηκε για να φθάσει το δείγμα στην τιμή pH 4.6, όπου ολοκληρώνεται η ζύμωση του γιαουρτιού (do Espírito Santo et al., 2012). Όλες αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιήθηκαν για τον χαρακτηρισμό της κινητικής διεργασίας και όλη η διαδικασία επαναλήφθηκε 3 φορές για όλα τα δείγματα γιαουρτιών.

## 2.2.4 Προσδιορισμός οξύτητας

Η τιτλοδοτίσιμη οξύτητα στο γιαούρτι εκφράζεται ως περιεκτικότητα % w/w σε γαλακτικό οξύ. Είναι μια προσέγγιση της συνολικής οξύτητας και καθορίζει πόση βάση απαιτείται (τιτλοδότης) για την εξουδετέρωση του γαλακτικού οξέος, παρουσία ενός δείκτη. Ο τιτλοδότης που χρησιμοποιήθηκε για την εξουδετέρωση του οξέος ήταν το υδροξείδιο του νατρίου ( $NaOH$ ) παρουσία δείκτη φαινολοφθαλείνη (Ge et al., 2022).

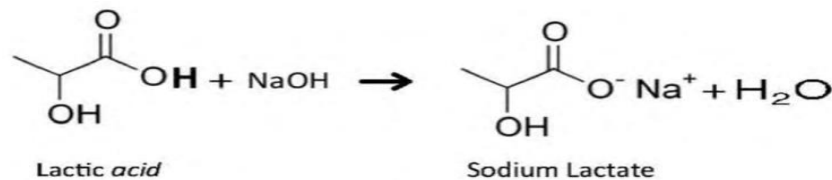
Ο προσδιορισμός της οξύτητας πραγματοποιήθηκε όπως περιγράφεται από τους Vital et al., (2015). Συγκεκριμένα, 25 g γιαουρτιού ομογενοποιήθηκαν με 25 ml απεσταγμένου νερού και τιτλοδοτήθηκαν με διάλυμα  $NaOH$  παρουσία δείκτη φαινολοφθαλείνης (Gao et al., 2018). Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε 3 φορές σε όλα τα δείγματα την 1<sup>η</sup> μέρα μετά την παρασκευή τους και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους. Η οξύτητα εκφράστηκε σε % (w/w) γαλακτικό οξύ και υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{Ολική οξύτητα (\%)} = \left( \frac{V_{NaOH} * A * D}{V_{\delta}} \right) * 100 \quad (3)$$

Όπου:

- $V_{NaOH}$ : ο όγκος του προστιθέμενου  $NaOH$  (ml)
- $V_{\delta}$ : ο όγκος του δείγματος

- A: ο συντελεστής μετατροπής (0.009 για το γαλακτικό οξύ)
- D: ο παράγοντας αραιώσης (0.1 M)



**Εικόνα 4.** Αντίδραση παρασκευής γαλακτικού οξέος

### 2.2.5 Προσδιορισμός Συναίρεσης και Ικανότητας Συγκράτησης Νερού

Ο προσδιορισμός της συναίρεσης (STS) και της ικανότητας συγκράτησης νερού (WHC) σε όλα τα δείγματα πραγματοποιήθηκε όπως περιγράφεται από τους *Bakry, Chen, & Liang, (2019)* με την ακόλουθη πειραματική διαδικασία η οποία επαναλήφθηκε 3 φορές για όλα τα δείγματα την 1<sup>η</sup> μέρα μετά την παρασκευή τους όπου και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους.

Πιο συγκεκριμένα, 10g δείγματος γιαουρτιού που έχει υποστεί ζύμωση μεταφέρθηκαν σε προζυγισμένους φυγοκεντρικούς σωλήνες και φυγοκεντρήθηκαν στα 5000 × g για 10 λεπτά (min) και σε θερμοκρασία 4°C. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν το ίζημα και το υπερκείμενο και μετρήθηκε ο όγκος του υπερκείμενου (*Almusallam et al., 2021*). Η συναίρεση και η συγκράτηση νερού υπολογίστηκαν ως εξής:

$$\text{Συναίρεση (\%)} = \left( \frac{W_{\text{υπερκείμενου(g)}}}{W_{\text{γιαουρτιού(g)}}} \right) * 100 \quad (1)$$

$$\text{WHC (\%)} = \left( \frac{W_{\text{ιζήματος(g)}}}{W_{\text{γιαουρτιού(g)}}} \right) * 100 \quad (2)$$

Όπου:

- $W_{\text{υπερκείμενου}}$ : Βάρος υπερκείμενου (g)
- $W_{\text{ιζήματος}}$ : Βάρος ιζήματος (g)
- $W_{\text{γιαουρτιού}}$ : Βάρος γιαουρτιού μετά από ζύμωση (g)

## 2.2.6 Αξιολόγηση χρώματος

Το χρώμα κάθε δείγματος αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας το χρωματόμετρο (*Hunter Lab Miniscan XE Plus*) βαθμονομημένο με μαύρη και λευκή πλάκα βαθμονόμησης και σύμφωνα με το σύστημα που ορίζει η επιτροπή *International de L'Eclairage (CIE)*  $L^*a^*b^*$  (Commission et al., 1970). Οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν κατά την αξιολόγηση του χρώματος του κάθε δείγματος ήταν το  $L^*$  που αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα σε κλίμακα από 0 έως το +100, το  $a^*$  ή η ερυθρότητα που είναι η απόχρωση μεταξύ του πράσινου και του κόκκινου σε κλίμακα από το -60 έως και το +60 και το  $b^*$  ή κιτρίνισμα που είναι η απόχρωση μεταξύ του μπλε και του κίτρινου σε κλίμακα από -60 έως και +60 (Zhang et al., 2019). Οι τιμές από αυτές τις παραμέτρους μπορεί να είναι θετικές (+) ή αρνητικές (-). Όλες οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν 3 φορές για κάθε δείγμα την 1<sup>η</sup> μέρα μετά την παρασκευή τους και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους.

## 2.2.7 Προσδιορισμός μικροδομής

Η παρατήρηση της μικροδομής των δειγμάτων γιαουρτιών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ανάστροφου οπτικού μικροσκοπίου ZEISS Primovert με φακό μεγέθυνσης 10x. Από κάθε δείγμα γιαουρτιού τόσο του control όσο και με τα εκχυλίσματα υποφαούς λήφθηκε μία σταγόνα, μεταφέρθηκε σε αντικειμενοφόρο πλάκα και επωάστηκε στους 37°C μέχρι να ολοκληρωθεί η ζύμωση των δειγμάτων δηλαδή να φτάσουν την τιμή pH=4.6. Στη

συνέχεια αποθηκεύτηκε στους 4°C μέχρι την ανάλυση (Vénica et al., 2020). Ο προσδιορισμός της μικροδομής επαναλήφθηκε 3 φορές για όλα τα δείγματα την 1<sup>η</sup> μέρα μετά την παρασκευή τους.

### 2.2.8 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

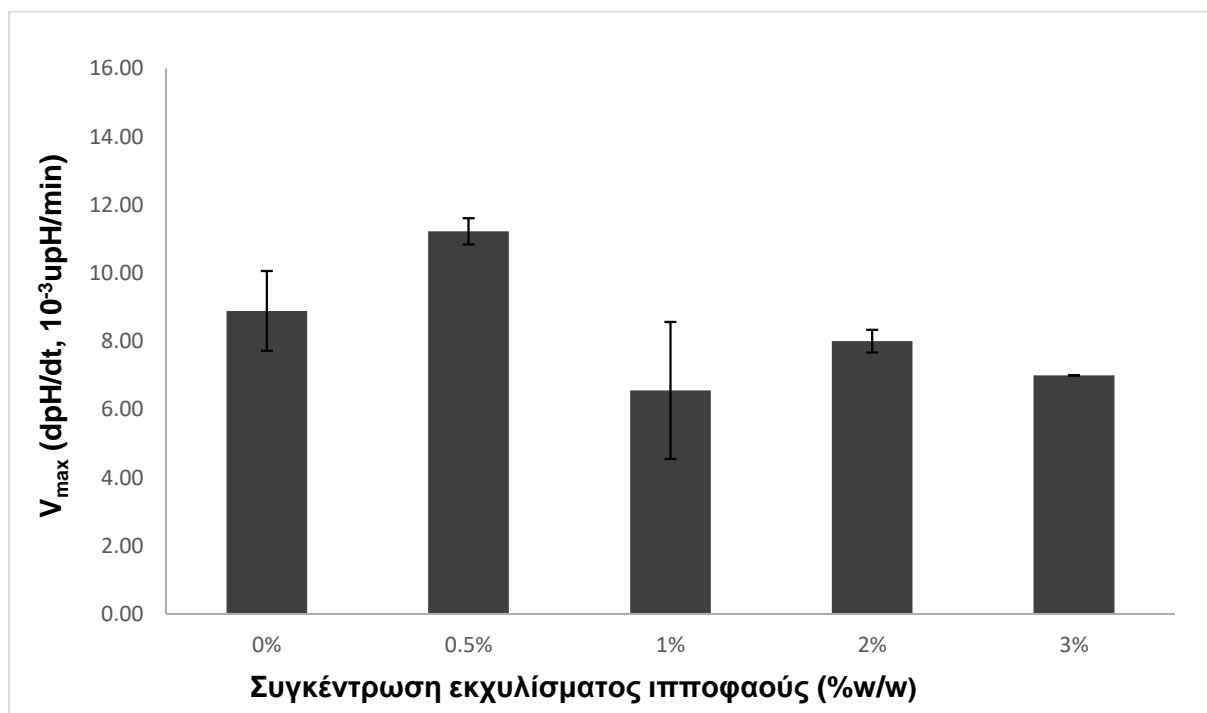
Όλες οι χημικές αναλύσεις επαναλήφθηκαν 3 φορές. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με την μη παραμετρική διαδικασία της μονόδρομης ανάλυσης διασποράς *Kruskal-Wallis*, με επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$  και με δοκιμασία post hoc Tukey για τη σύγκριση των μέσων όρων των δειγμάτων. Στατιστικά σημαντικές διαφορές υπάρχουν όταν *p-value*  $p<0.05$ . Στις στατιστικές αναλύσεις τα αποτελέσματα παραθέτονται ως μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση (mean  $\pm$  sd). Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό *IBM SPSS STATISTICS 26*.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

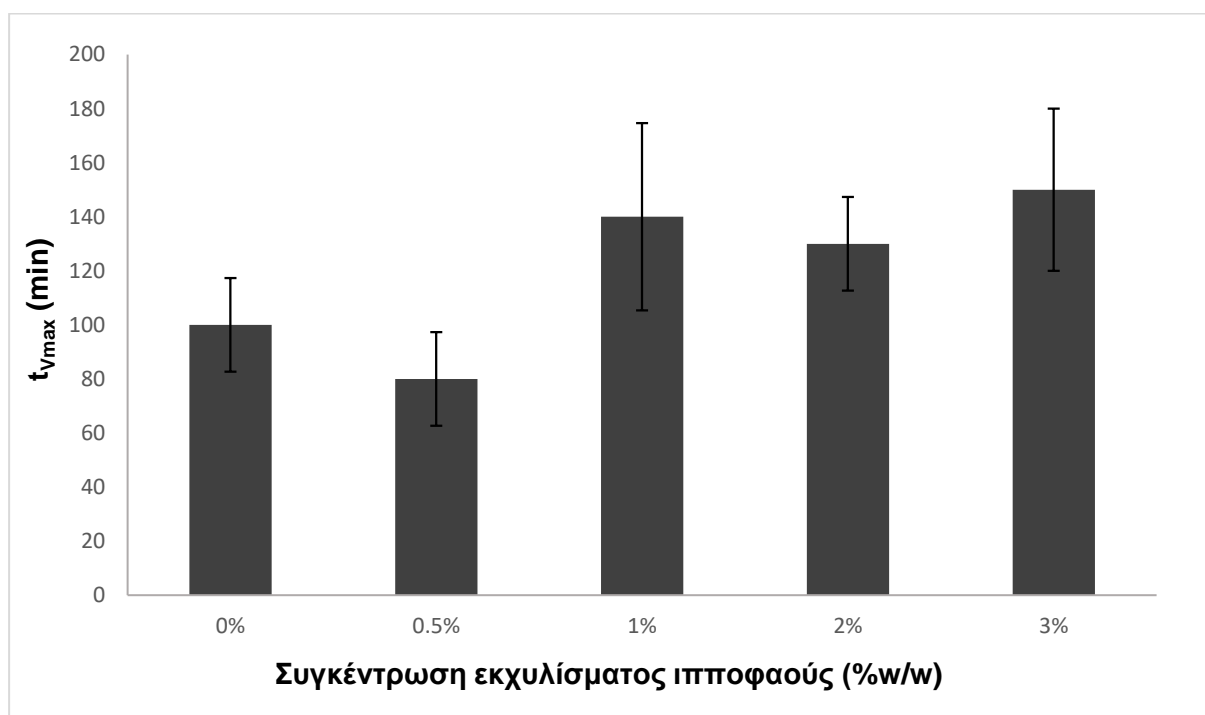
#### 3.1 Κινητική της οξίνισης- Προσδιορισμοί παραμέτρων κινητικής

Η κινητική της οξίνισης των δειγμάτων γιαουρτιού αξιολογήθηκε σε σχέση με το μέγιστο ρυθμό οξίνισης ( $dpH/dt$ ) δηλαδή το  $V_{max}$  ( $10^{-3}$  pH/min), το χρόνο για να φτάσει στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης ( $t_{vmax}$ ), το  $pH_{vmax}$ , το χρόνο για να φτάσει στο  $pH=5$  ( $t_{pH5}$ ) και το χρόνο για να φτάσει στο  $pH=4.6$  ( $t_{pH4.6}$ ) που σημαίνει την ολοκλήρωση της ζύμωσης και αντιπροσωπεύει το ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών του γάλακτος. Τα διαγράμματα που ακολουθούν παρακάτω είναι διαγράμματα των μεταβλητών της κινητικής της οξίνισης των δειγμάτων γιαουρτιών που είναι εμπλουτισμένα με εκχύλισμα ιπποφαούς σε συγκεντρώσεις 0%w/w, 0.5%w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w.



**Σχήμα 1.** Μεταβολές του μέγιστου ρυθμού οξίνισης  $V_{max}$  ( $dpH/dt$ ) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Στο Σχήμα 1, απεικονίζονται τα αποτελέσματα του μέγιστου ρυθμού οξίνισης  $V_{\max}$  σε γιαούρτια που είναι εμπλουτισμένα με εκχύλισμα ιπποφαούς 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την στατιστική ανάλυση δείχνουν πως υπάρχουν κάποιες διαφορές. Από το διάγραμμα είναι εμφανές πως τον υψηλότερο ρυθμό οξίνισης ( $V_{\max}$ ) έχει το γιαούρτι με 0.5% w/w ιπποφαές το οποίο διαφέρει και στατιστικά σημαντικά με όλα τα δείγματα, ενώ το γιαούρτι με 3% w/w ιπποφαές έχει χαμηλότερο ρυθμό οξίνισης συγκριτικά με το γιαούρτι με 0.5% w/w ιπποφαές και με το control 0% w/w με τα οποία έχει και στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ). Επομένως, παρατηρείται πως η προσθήκη 0.5% w/w ιπποφαούς αυξάνει το  $V_{\max}$  και στη συνέχεια ακολουθεί μείωση.

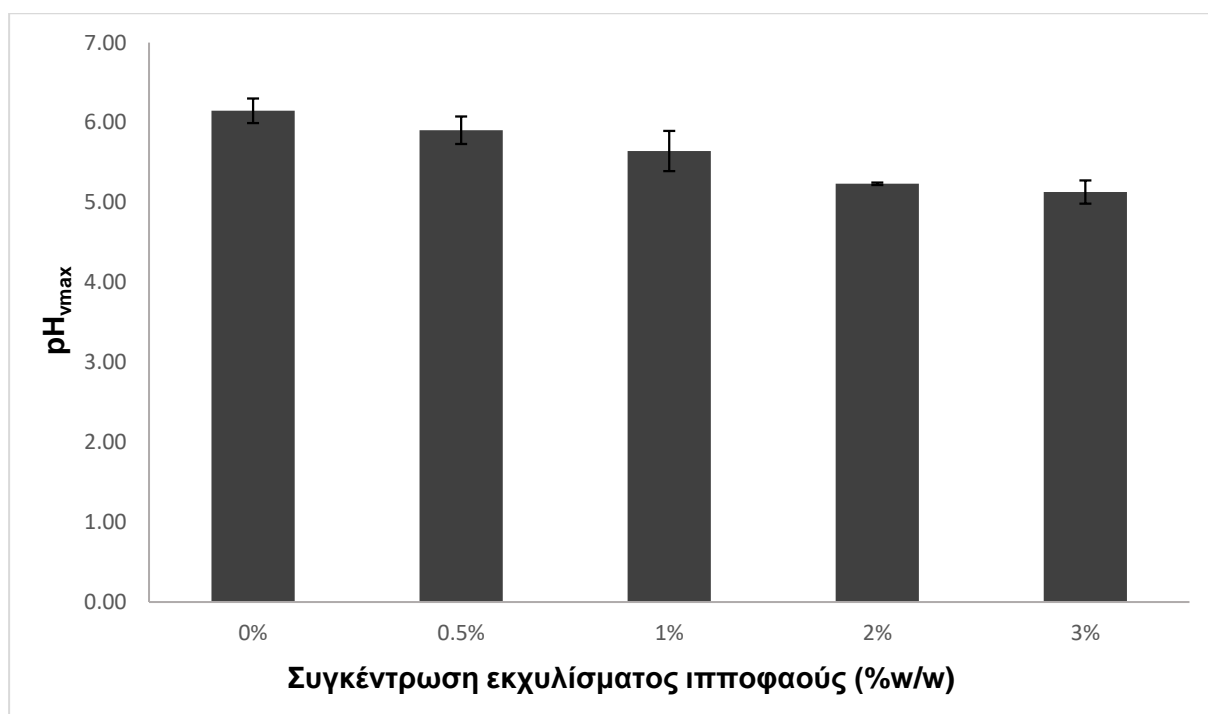


**Σχήμα 2.** Μεταβολές του χρόνου που επιτεύχθηκε το  $V_{\max}$ , ( $t_{V_{\max}}$ ) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Στο Σχήμα 2, απεικονίζονται τα αποτελέσματα του χρόνου που επιτεύχθηκε ο μέγιστος ρυθμός οξίνισης  $V_{\max}$ , δηλαδή ο  $t_{V_{\max}}$  σε γιαούρτια που είναι



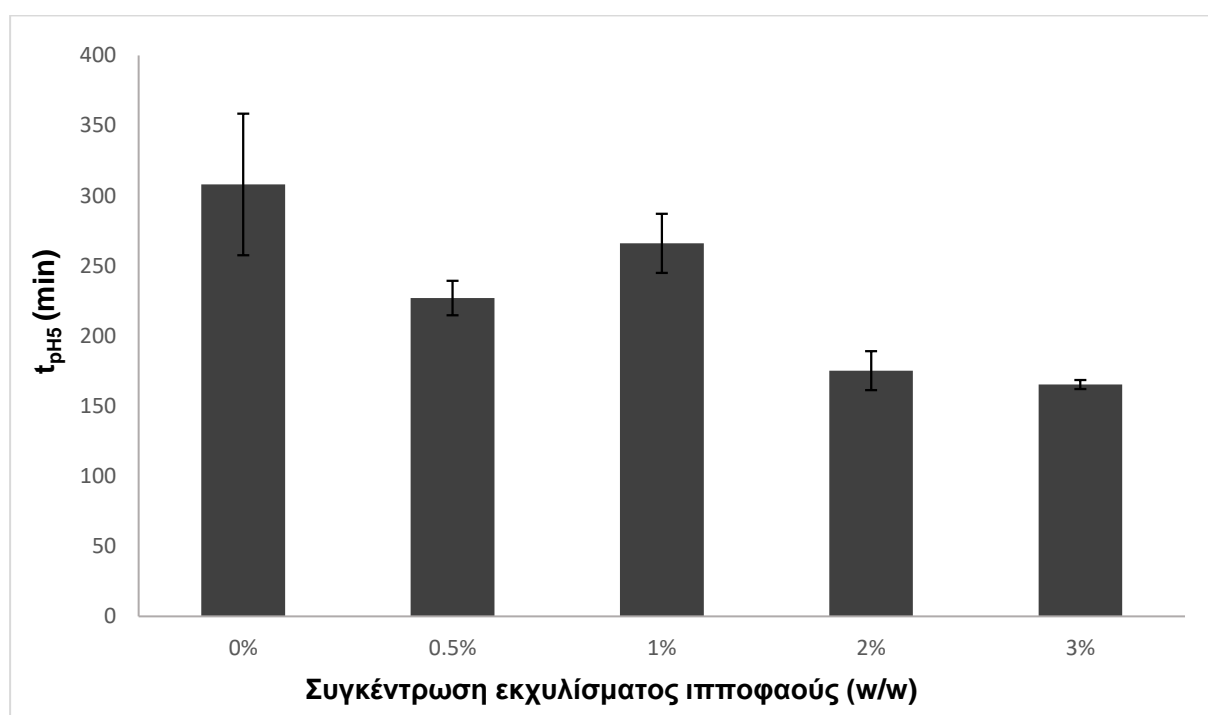
ενσωματωμένο εκχύλισμα ιπποφαούς σε συγκεντρώσεις 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w. Από το διάγραμμα και την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων, προκύπτει πως το γιαούρτι με 3% w/w ιπποφαές εμφανίζει το μεγαλύτερο χρόνο που κάνει το δείγμα να φτάσει στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης σε σχέση με το γιαούρτι 0% w/w (control) και με το γιαούρτι με 0.5% w/w ιπποφαές που εμφανίζουν χαμηλότερο χρόνο  $t_{vmax}$  και που με τα οποία έχει στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ). Από την άλλη πλευρά, το γιαούρτι με 1% w/w και 2% w/w ιπποφαές έχουν παραπλήσια συμπεριφορά.



**Σχήμα 3.** Μεταβολές του pH που επιτεύχθηκε το  $V_{max}$ , ( $pH_{vmax}$ ) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Στο Σχήμα 3, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα του pH των δειγμάτων γιαουρτιών που περιέχουν ιπποφαές σε συγκέντρωση 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w όταν έχουν φτάσει στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης. Από το διάγραμμα και τη στατιστική ανάλυση προκύπτει πως το control 0% w/w δηλαδή το γιαούρτι που δεν περιέχει ιπποφαές και το γιαούρτι με 0.5% w/w

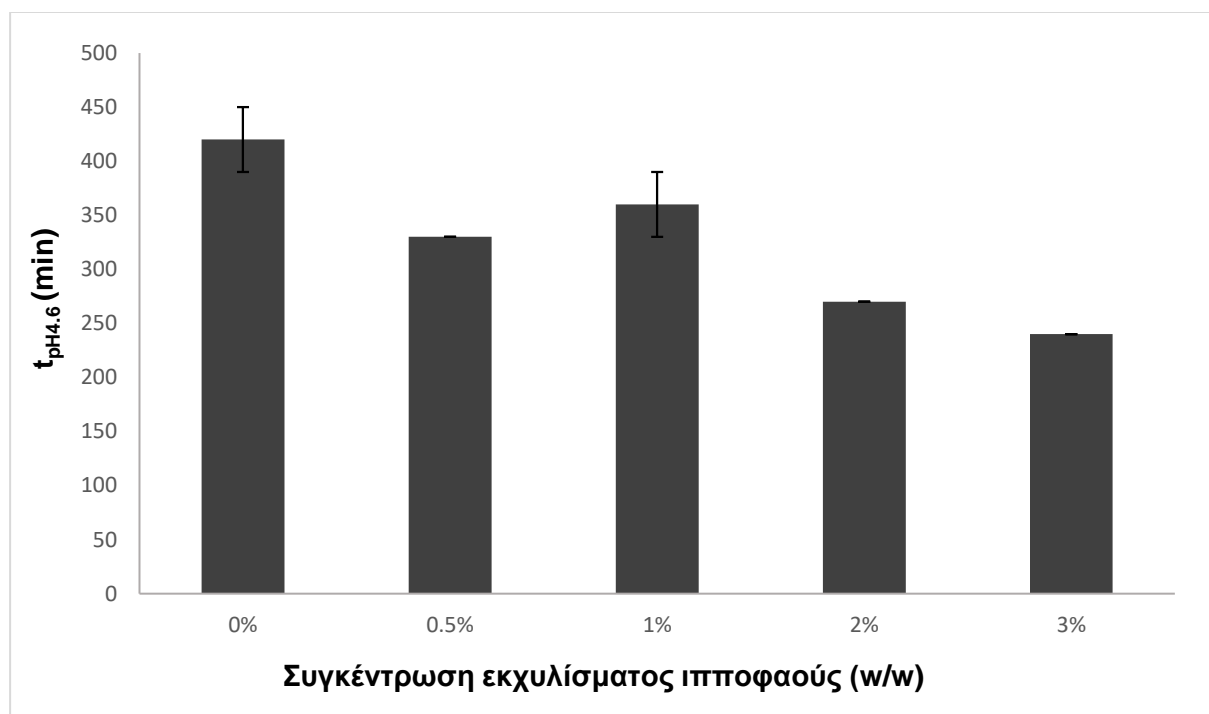
ιπποφαές φτάνουν σε παραπλήσιες τιμές  $pH_{vmax}$  και δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ( $p>0.05$ ). Στη συνέχεια, το γιαούρτι με 2% w/w και 3% w/w ιπποφαές, εμφανίζουν χαμηλότερο  $pH_{vmax}$  σε σχέση με το control 0% w/w και με το 0.5% w/w ιπποφαές. Παρατηρείται επίσης πως το pH για να φτάσει το δείγμα στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης παρουσιάζει καθοδική πορεία από τη στιγμή που προστίθεται εκχύλισμα ιπποφαούς σε αυτό.



**Σχήμα 4.** Μεταβολές του χρόνου που το pH είχε την τιμή 5, ( $t_{pH5}$ ) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Στο Σχήμα 4, απεικονίζονται οι μεταβολές του χρόνου που έκανε το δείγμα που είναι εμπλουτισμένο με εκχύλισμα ιπποφαούς 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w για να φτάσει στην τιμή  $pH=5$ . Συγκεκριμένα, από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε πως τα γιαούρτια με 2% w/w και με 3% w/w ιπποφαές εμφανίζουν τον χαμηλότερο χρόνο  $t_{pH5}$  και μεταξύ τους δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p>0.05$ ). Παράλληλα, παρατηρείται πως το γιαούρτι 0% w/w και τα γιαούρτια με 0.5% w/w και με 1%

w/w ιπποφαές φτάνουν βραδύτερα στο χρόνο  $t_{pH5}$  καθώς έχουν υψηλότερο χρόνο και διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με τα γιαούρτια με 2% w/w και 3% w/w ιπποφαές ( $p<0.05$ ). Επομένως, παρατηρείται πως η προσθήκη του ιπποφαούς στο γιαούρτι σε μεγάλη συγκέντρωση μείωσε το χρόνο που έκανε το δείγμα για να φτάσει στην τιμή  $pH=5$ .



**Σχήμα 5.** Μεταβολές του χρόνου που το pH είχε την τιμή 4.6, ( $t_{pH4.6}$ ) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Στο Σχήμα 5, απεικονίζονται οι μεταβολές του χρόνου που έκανε το γιαούρτι που είναι ενσωματωμένο το ιπποφαές σε συγκέντρωση 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w να φτάσει στην τιμή  $pH$  4.6 που σημαίνει και την ολοκλήρωση της ζύμωσης. Παρατηρείται πως το γιαούρτι ελέγχου δηλαδή το 0% w/w (control) και το γιαούρτι με 1% w/w ιπποφαές εμφανίζουν υψηλότερο χρόνο  $t_{pH4.6}$  σε σχέση με τα γιαούρτια με 2% w/w και 3% w/w ιπποφαές με τα οποία έχουν και στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p<0.05$ ). Με άλλα λόγια, το γιαούρτι στο οποίο έχει προστεθεί 2% w/w και 3% w/w ιπποφαές έφτασε ταχύτερα στην

τιμή  $pH=4.6$ , ενώ το control 0% w/w και το 1% w/w ιπποφαές έκανε τον περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσει τη ζύμωση του. Επομένως είναι φανερό, πως η προσθήκη του εκχυλίσματος ιπποφαούς στο γιαούρτι μειώνει το χρόνο ολοκλήρωσης της ζύμωσης.

Από το προφίλ οξίνισης των γιαουρτιών που μελετήθηκε παραπάνω είναι εμφανείς οι διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Σχετικά με το μέγιστο ρυθμό οξίνισης, παρατηρείται ότι η προσθήκη μεγάλης συγκέντρωσης ιπποφαούς και συγκεκριμένα 3% w/w μειώνει το ρυθμό οξίνισης συγκριτικά με το γιαούρτι ελέγχου 0% w/w και με το 0.5% w/w, όπου εμφανίζουν υψηλότερο  $V_{max}$ . Αυτή η μείωση μπορεί να αποδοθεί στην παρουσία ουσιών στο εκχύλισμα ιπποφαούς όπως οργανικά οξέα και φαινολικές ενώσεις. Το ιπποφαές όπως προαναφέρθηκε είναι πλούσιο σε αυτές τις ουσίες και έτσι μπορεί να είναι υπεύθυνο για τη μείωση αυτή. Ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και σε μελέτη όπου το γιαούρτι ήταν εμπλουτισμένο με σκόνη φλούδας φρούτων του πάθους (do Espírito Santo et al., 2012). Επιπλέον, σχετικά με το χρόνο που επιτεύχθηκε ο μέγιστος ρυθμός οξίνισης ( $t_{Vmax}$ ), όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα κατά την προσθήκη μεγαλύτερης συγκέντρωσης ιπποφαούς, 3% w/w ο χρόνος εμφανίζει αυξητική τάση συγκριτικά με το control 0% w/w και με το 0.5% w/w ιπποφαές. Επομένως, προκύπτει το συμπέρασμα πως το γιαούρτι με εκχύλισμα ιπποφαούς 3% εμφανίζει χαμηλότερο ρυθμό οξίνισης  $V_{max}$  και κάνει τον περισσότερο χρόνο να φτάσει στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης  $t_{Vmax}$  συγκριτικά με το γιαούρτι με 0.5% w/w και το γιαούρτι ελέγχου 0% w/w ιπποφαές όπου εμφανίζουν μεγαλύτερο ρυθμό οξίνισης και χαμηλότερο χρόνο  $t_{Vmax}$ . Παρόμοια ευρήματα υπήρξαν και σε μελέτη όπου το γιαούρτι ήταν εμπλουτισμένο με υποπροϊόντα φρούτων και συγκεκριμένα το γκουάβα και φρούτα του πάθους (Casarotti et al., 2018).

Όσον αφορά το  $pH$  όταν το δείγμα του γιαουρτιού βρέθηκε στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης, δηλαδή το  $pH_{Vmax}$  παρατηρείται από το διάγραμμα πως η προσθήκη του ιπποφαούς επιδρά σημαντικά και προκαλεί τη μείωση του. Αυτό δείχνει πως ο

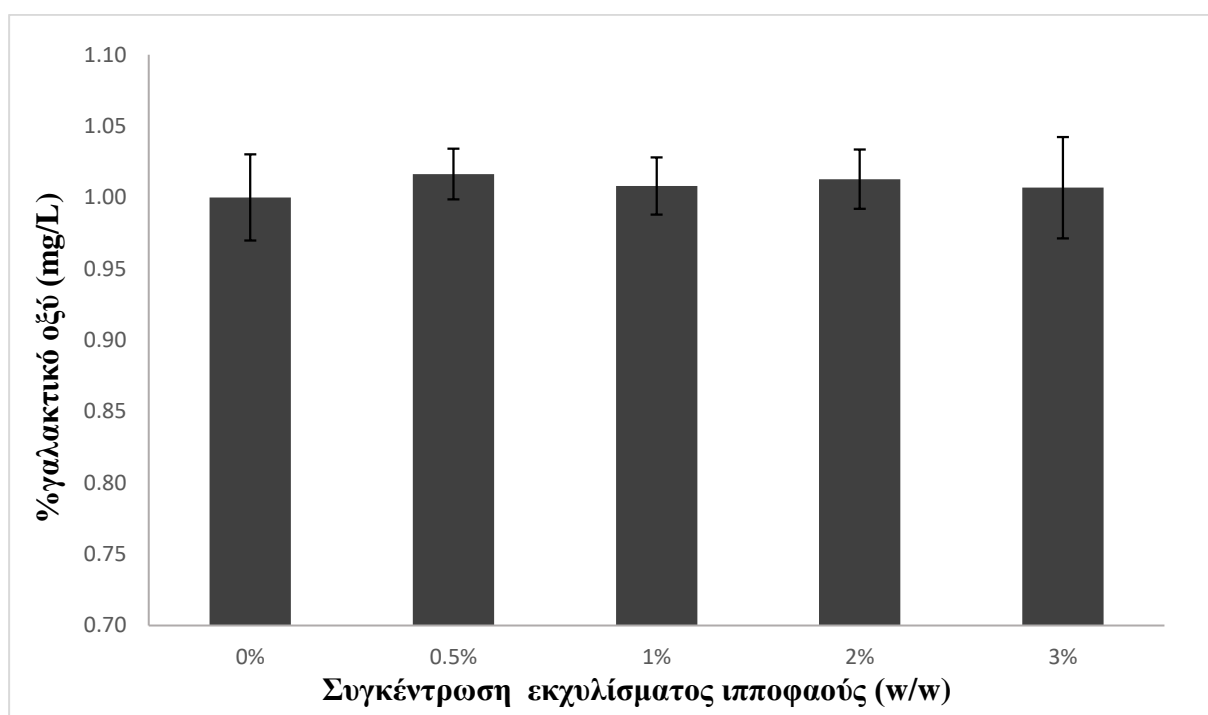
εμπλουτισμός με εκχύλισμα ιπποφαούς έχει σημαντική επίδραση στο περιβάλλον του γιαουρτιού και ενισχύει τη μεταβολική δραστηριότητα των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος οδηγώντας και στην παραγωγή γαλακτικού οξέος και στη μείωση του pH. Αντίστοιχα αποτελέσματα βρέθηκαν και στο γιαούρτι που είχε προστεθεί σκόνη πράσινου τσαγιού (Jeong et al., 2018).

Τέλος ο χρόνος όπου το pH του γιαουρτιού είχε την τιμή 5 ( $t_{pH5}$ ) δηλαδή λίγο πριν την ολοκλήρωση της ζύμωσης καθώς και ο χρόνος όπου το pH του γιαουρτιού είχε την τιμή 4.6 ( $t_{pH4.6}$ ), όπου και ολοκληρώνεται η ζύμωση του παρατηρήθηκε πως μειώθηκε σημαντικά. Αυτό το αποτέλεσμα δικαιολογείται και από την παρουσία συστατικών και οξέων που υπάρχουν στο ιπποφάες καθώς και από την αλληλεπίδραση τους με τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος που δρουν κατά τη ζύμωση του γάλακτος. Παράλληλα, το ιπποφάες εκτός από οργανικά οξέα (μηλικό, κινικό) περιέχει και άλλα ενεργά συστατικά και ειδικότερα πολυφαινόλες και φλαβονοειδή τα οποία βελτιώνουν και προάγουν την δραστηριότητα των οξυγαλακτικών βακτηρίων στο μέσο και επομένως προκαλούν επιτάχυνση της ζύμωσης (Jaśniewska & Diowski, 2021). Μεταξύ των δειγμάτων οι διαφορές μεταξύ των χρόνων ολοκλήρωσης της ζύμωσης είναι μεγάλες και αυτό υποδηλώνει ότι τα βακτήρια προσαρμόζονται και δρουν ανάλογα με τη συγκέντρωση του υποστρώματος δηλαδή του ιπποφαούς. Αντίστοιχα αποτελέσματα βρέθηκαν και σε μελέτες με εκχύλισμα φύλλων *Moringa* (Zhang et al., 2019) και με πουρέ *Annona Muricata* (Sanusi et al., 2022).

### 3.2 Μέτρηση τιτλοδοτημένης οξύτητας

Το γαλακτικό οξύ είναι το κύριο συστατικό του γιαουρτιού που προσδίδει την χαρακτηριστική του γεύση σε αυτό και παράγεται από τα βακτήρια εκκίνησης κατά την παραγωγή και την αποθήκευση του γιαουρτιού. Αυτή η ένωση είναι υπεύθυνη για την οξύτητα του γάλακτος, η οποία γίνεται αντιληπτή κατά την

κατανάλωση του γιαουρτιού από τη γεύση του (Najgebauer-Lejko et al., 2021). Στην παρούσα μελέτη, προσδιορίστηκε η τιτλοδοτημένη οξύτητα (% περιεκτικότητα σε γαλακτικό οξύ) του γιαουρτιού που είναι εμπλουτισμένο με εκχυλίσμα ιπποφαούς. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, Σχήμα 6 απεικονίζονται οι μεταβολές της οξύτητας του γιαουρτιού εκφρασμένη σε mg/L γαλακτικού οξέος σε συνάρτηση με τα δείγματα που είναι εμπλουτισμένα με ιπποφαές 0%w/w, 0.5% w/w, 1%w/w, 2%w/w και 3%w/w, κατά την αποθήκευση τους στους 4°C.



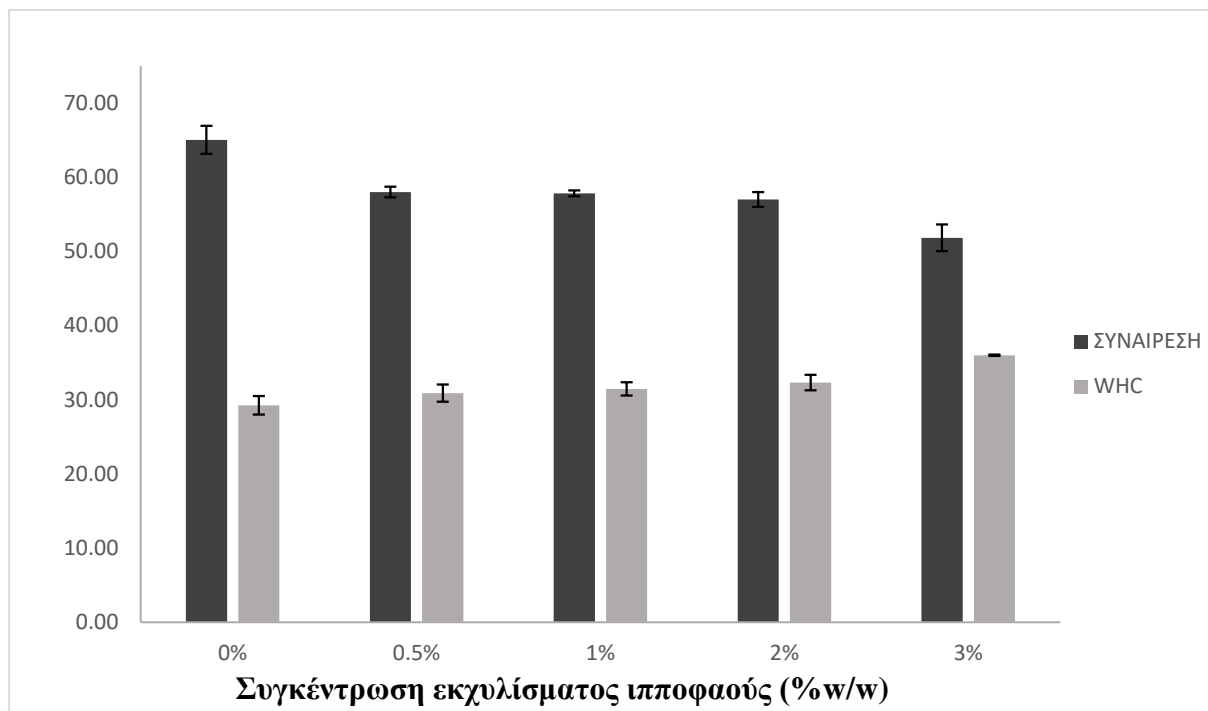
**Σχήμα 6.** Μεταβολές της Οξύτητας (% περιεκτικότητας γαλακτικού οξέος) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Από το διάγραμμα και τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, προκύπτει πως η οξύτητα των γιαουρτιών κατά την προσθήκη εκχυλίσματος ιπποφαούς είναι σταθερή, δεν μεταβάλλεται και δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ( $p > 0.05$ ). Οι τιμές του γαλακτικού οξέος που προκύπτουν είναι εντός του τυπικού εύρους όπως ορίζεται από την Επιτροπή Codex Alimentarius (Codex, 2015) (Almusallam et al., 2021).

Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε μελέτες όπου το γιαούρτι ήταν εμπλουτισμένο με επιλεγμένα λαχανικά όπως καρότο, κολοκύθα, μπρόκολο και κόκκινη πιπεριά (Najgebauer-Lejko et al., 2014) και με πουρέ φραγκοστάφυλου (Najgebauer-Lejko et al., 2021).

### **3.3 Μέτρηση Συναίρεσης και Ικανότητας Συγκράτησης Νερού**

Η Ικανότητα Συγκράτησης Νερού (WHC) σε ένα πρωτεϊνικό τζελ είναι μια κρίσιμη παράμετρος στην παρασκευή γιαουρτιού διότι σχετίζεται άμεσα με τη Συναίρεση (STS) δηλαδή την αποβολή του ορού γάλακτος, η οποία οφείλεται στην εγγενή αστάθεια των πηκτωμάτων. Γενικότερα, η συναίρεση και η συγκράτηση νερού αποτελούν βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός γιαουρτιού και συμβάλλουν στην αξιολόγηση ενός προϊόντος. Στο παρακάτω διάγραμμα, Σχήμα 7 περιγράφονται οι μεταβολές της % Συναίρεσης και της % Συγκράτησης νερού σε γιαούρτια που περιέχουν εκχύλισμα ιπποφαούς σε συγκεντρώσεις 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w.



**Σχήμα 7.** Μεταβολές της Συναίρεσης(μαύρη στήλη) και της Ικανότητας Συγκράτησης νερού (γκρι στήλη) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Από τη στατιστική ανάλυση των μετρήσεων προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα. Αρχικά, όσον αφορά την % Συναίρεση παρατηρήθηκε πως το γιαούρτι ελέγχου 0% w/w (control) εμφανίζει την υψηλότερη τιμή συναίρεσης σε σχέση με το γιαούρτι με 3% w/w ιπποφαές που εμφανίζει τη χαμηλότερη τιμή συναίρεσης και με το οποίο έχει στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ). Επιπλέον, παρατηρείται πως η προσθήκη εκχυλίσματος ιπποφαούς ακόμη και 0.5% w/w προκαλεί μείωση στη συναίρεση σε σχέση με το control 0% w/w, ( $p < 0.05$ ) η οποία μεγαλώνει όσο αυξάνεται και η συγκέντρωση του ιπποφαούς που προστίθεται. Επιπλέον, τα γιαούρτια με 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w ιπποφαές έχουν παραπλήσια τιμή συναίρεσης και δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ( $p > 0.05$ ). Έπειτα, όσον αφορά την % συγκράτηση νερού, τα γιαούρτια 0% w/w (control), με 0.5% w/w και με 1% w/w ιπποφαές εμφανίζουν χαμηλότερη τιμή συγκράτησης νερού σε σχέση με τα γιαούρτια με



2% w/w και με 3% w/w ιπποφαές που εμφανίζουν την υψηλότερη τιμή συγκράτησης νερού και με τα οποία έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ).

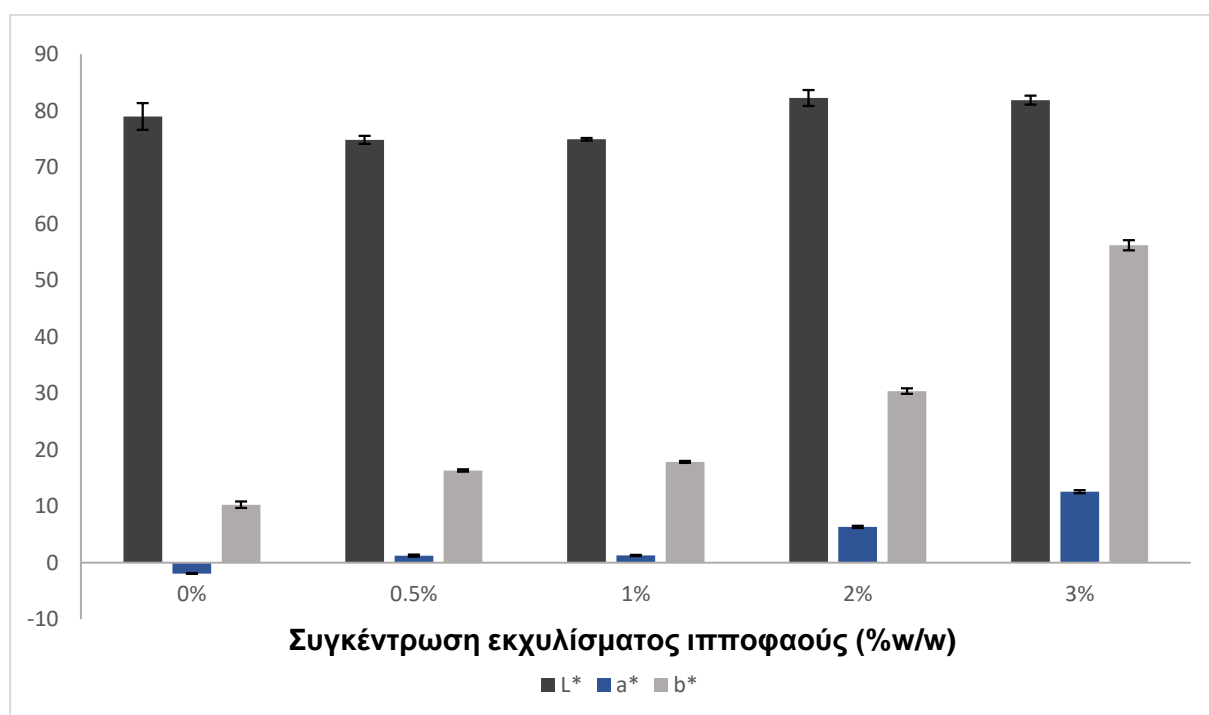
Γενικότερα, η συναίρεση έχει ως αποτέλεσμα το διαχωρισμό του ορού του γάλακτος στην επιφάνεια του γιαουρτιού. Από την άλλη πλευρά, η ικανότητα συγκράτησης νερού στο γιαούρτι είναι η ποσότητα νερού που συγκρατεί το ενυδατωμένο δείγμα, καθιστώντας το γιαούρτι λιγότερο πορώδες και λιγότερο επιρρεπές στη συναίρεση. Τόσο η συναίρεση όσο και η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι σημαντικές φυσικές παράμετροι που χαρακτηρίζουν τη σταθερότητα στο γιαούρτι επειδή ο διαχωρισμός του ορού γάλακτος στην επιφάνεια του γιαουρτιού μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη διάρκεια ζωής του γιαουρτιού, την αντίληψη του καταναλωτή για το γιαούρτι καθώς και την αποδοχή του από αυτόν (Kwon et al., 2019). Στην συγκεκριμένη μελέτη παρατηρείται πως όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του εκχυλίσματος ιπποφαούς στο δείγμα εμφανίζεται μικρή μείωση της συναίρεσης μεταξύ των δειγμάτων η οποία μεγαλώνει όσο περισσότερο αυξάνεται και η περιεκτικότητα του εκχυλίσματος, επομένως η συναίρεση μειώνεται. Από την άλλη πλευρά, η ικανότητα συγκράτησης νερού στα δείγματα, όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα του εκχυλίσματος στο γιαούρτι η συγκράτηση νερού αυξάνεται, δηλαδή το πήγμα γάλακτος εμφανίζει μεγαλύτερη σταθερότητα σχετικά με την αποβολή ορού. Επομένως, είναι εμφανές πως τα δείγματα γιαουρτιού που περιέχουν εκχύλισμα ιπποφαούς 3% w/w εμφανίζουν σημαντικά χαμηλότερη συναίρεση και μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης νερού συγκριτικά με το δείγμα ελέγχου 0% w/w (control). Σε μελέτες όπου το γιαούρτι ήταν εμπλουτισμένο με εκχύλισμα σπιρουλίνας (Barkallah et al., 2017), με εκχύλισμα φύλλων *Moringa* (Zhang et al., 2019) και με εκχύλισμα λουλουδιών βρώσιμου τριαντάφυλλου (*Rosa Rugosa* cv Plena) εντοπίστηκαν αντίστοιχα αποτελέσματα. Η υψηλότερη συγκράτηση νερού και η μειωμένη συναίρεση μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Αρχικά θα μπορούσε να αποδοθεί

στο σχηματισμό σταθερών συμπλεγμάτων μεταξύ των φαινολικών του ιπποφαούς και της καζεΐνης στο γιαούρτι που θα μπορούσαν να συγκρατήσουν περισσότερο τον ορό του γιαουρτιού (Qiu et al., 2021). Το ιπποφαές είναι ένα φυτό με ποικίλες ουσίες και θρεπτικά συστατικά. Παρατηρούμε πως η προσθήκη του στο πήγμα γάλακτος ακόμη και σε μικρή συγκέντρωση 0.5% μειώνει τη συναίρεση ελαφρά και αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού. Από αυτό, συμπεραίνουμε πως κάποιες από τις φυτικές ίνες του ιπποφαούς που υφίστανται ζύμωση, μεταφέρονται στα εκχυλίσματα και αλληλεπιδρούν με τις πρωτεΐνες στο γιαούρτι, συγκρατώντας αποτελεσματικά την υγρασία (Afoakwa, 2014). Ένας άλλος παράγοντας πιθανώς να είναι η παραγωγή εξωπολυσακχαριτών από τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος (LAB) που είναι πολύπλοκα μόρια που προσδίδουν συνεκτικότητα στο γιαούρτι λόγω του ότι μειώνουν τη συναίρεση και βελτιώνουν τη δομή του. Γενικότερα, η παραγωγή εξωπολυσακχαριτών έχει σημαντικό ρόλο στη βιομηχανία τροφίμων που έχουν υποστεί ζύμωση καθώς βελτιώνουν την υφή και την συνοχή των τροφίμων. Μελέτες έχουν δείξει πως οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εξωπολυσακχαριτών που σχηματίζονται στο γιαούρτι με εκχύλισμα ιπποφαούς με τις πρωτεΐνες του γάλακτος έχουν ως αποτέλεσμα μείωση του διαχωρισμού του ορού του γάλακτος και καλύτερη συγκράτηση νερού (Shori & Peng, 2021).

### 3.4 Μέτρηση Χρώματος

Το χρώμα είναι ένας σημαντικός παράγοντας της ποιότητας του γιαουρτιού, επηρεάζοντας την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή. Είναι ένα από τα πρώτα χαρακτηριστικά που γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις και χρησιμοποιείται από τους καταναλωτές για την αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων (Ścibisz et al., 2019). Το γιαούρτι είναι ένα τρόφιμο με χαρακτηριστικό λευκό φωτεινό χρώμα. Αυτή η λευκότητα προκύπτει από την παρουσία

κολλοειδών σωματιδίων όπως σφαιρίδια λίπους και μικκύλια καζεΐνης τα οποία φωτίζονται στο ορατό φάσμα (García-Pérez et al., 2005). Το χρώμα του γιαουρτιού μπορεί να επηρεαστεί με την προσθήκη εκχυλισμάτων το οποίο θα παρατηρηθεί και στο διάγραμμα που ακολουθεί, Σχήμα 8 όπου εμφανίζονται οι μεταβολές των παραμέτρων  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  του χρώματος των γιαουρτιών που είναι εμπλουτισμένα με εκχύλισμα ιπποφαούς σε συγκεντρώσεις 0% w/w, 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w.



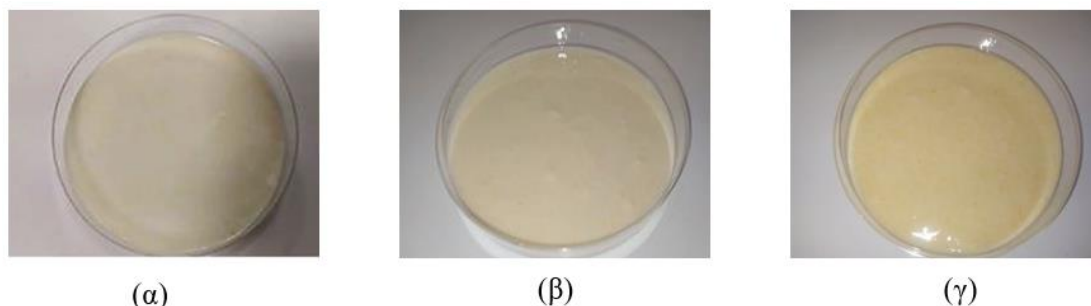
**Σχήμα 8.** Μεταβολές των παραμέτρων του χρώματος  $L^*$  (μαύρη στήλη),  $a^*$  (μπλε στήλη),  $b^*$  (γκρι στήλη) στα αναλυόμενα γιαούρτια σε συνάρτηση με την συγκέντρωση του εκχυλίσματος (w/w).

Στα αποτελέσματα του παραπάνω διαγράμματος πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση και για τις 3 παραμέτρους. Αρχικά, σχετικά με την παράμετρο  $L^*$  που συμβολίζει τη φωτεινότητα, βρέθηκε πως το control 0% w/w, το γιαούρτι με 2% w/w και με 3% w/w ιπποφαές εμφανίζουν την μεγαλύτερη φωτεινότητα συγκριτικά με τα γιαούρτια που περιέχουν 0.5% w/w και 1% w/w

ιποφαές που έχουν χαμηλότερη φωτεινότητα και που με τα οποία εμφανίζονται στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ).

Στη συνέχεια, όσον αφορά την παράμετρο χρωματικότητας  $a^*$  που δείχνει πόσο κόκκινο είναι ένα τρόφιμο είναι εμφανές από το Σχήμα 8, πως όσο μεγαλύτερη συγκέντρωση ιποφαούς προστίθεται στο γιαούρτι τόσο αυξάνεται και η παράμετρος  $a^*$ , δηλαδή η ερυθρότητα του γιαουρτιού. Συγκεκριμένα, παρατηρείται πως το γιαούρτι ελέγχου 0% w/w, το γιαούρτι με 0.5% και με 1% ιποφαές είναι λιγότερο ερυθρά σε σχέση με τα γιαούρτια που περιέχουν 2% w/w και 3% w/w ιποφαές τα οποία εμφανίζουν υψηλότερη ερυθρότητα και που με τα οποία έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ). Επιπλέον, παρατηρείται στο διάγραμμα πως το γιαούρτι που δεν περιέχει ιποφαές δηλαδή το control εμφανίζει το χαμηλότερο  $a^*$  που είναι και αρνητικό ενώ το γιαούρτι με 3% w/w ιποφαές εμφανίζει το υψηλότερο  $a^*$  που είναι θετικό.

Αντίστοιχα, όσον αφορά την παράμετρο χρωματικότητας  $b^*$  που δείχνει πόσο κίτρινο είναι ένα τρόφιμο, από το διάγραμμα παρατηρείται πως η αύξηση του εκχυλίσματος ιποφαούς στο γιαούρτι αυξάνει και την μεταβλητή  $b^*$ . Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται αυξητική πορεία σε αυτήν την παράμετρο όσο προστίθεται ιποφαές στο γιαούρτι και έτσι το control 0% w/w έχει το χαμηλότερο  $b^*$  ενώ το γιαούρτι με 3% w/w ιποφαές έχει το υψηλότερο  $b^*$  με στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ). Όλα αυτά είναι εμφανή και στην Εικόνα 5, όπου έχουμε φωτογραφίες των δειγμάτων γιαουρτιού control 0% w/w, 1% w/w και 3% w/w.

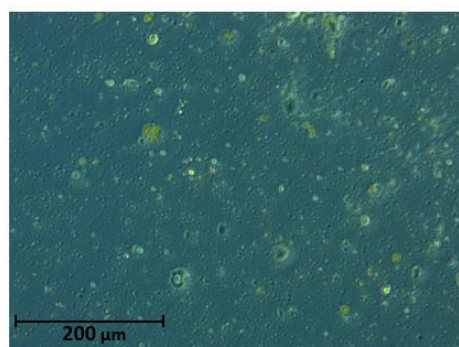


**Εικόνα 5.** Απεικόνιση γιαουρτιών 0% w/w (control) (α), με εκχύλισμα ιποφαούς 1% w/w (β) και με εκχύλισμα ιποφαούς 3% w/w (γ).

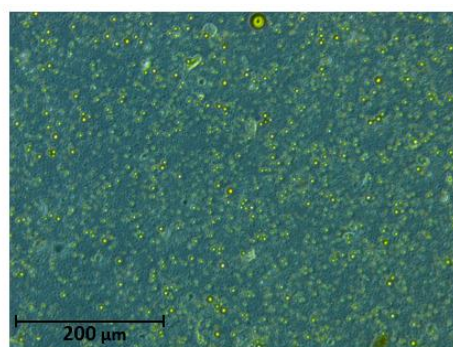
Επομένως, σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις είναι φανερό πως τα δείγματα με μεγαλύτερη αναλογία εκχυλίσματος ιπποφαούς εμφάνισαν πιο έντονο κόκκινο - κίτρινο χρώμα, σε σχέση με το αρχικό δείγμα δηλαδή το control 0% w/w όπου το χρώμα του ήταν λευκό. Με άλλα λόγια, η παράμετρος χρωματικότητας  $a^*$  που δείχνει πόσο κόκκινο είναι ένα τρόφιμο (θετικές τιμές) ή πόσο πράσινο είναι (αρνητικές τιμές), είναι μεγαλύτερη στα δείγματα γιαουρτιών που περιέχουν και μεγαλύτερη συγκέντρωση εκχυλίσματος ιπποφαούς. Αντίστοιχα, η παράμετρος χρωματικότητας  $b^*$  που δείχνει πόσο κίτρινο είναι ένα τρόφιμο (θετικές τιμές) ή πόσο μπλε είναι (αρνητικές τιμές) παρουσιάζεται και αυτή μεγαλύτερη στα δείγματα γιαουρτιών που περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα του εκχυλίσματος, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5. Αντίθετα, η ζύμωση των βακτηρίων δεν επηρεάζει το χρώμα του γιαουρτιού. Αυτό το αποτέλεσμα του χρώματος του γιαουρτιού που είναι εμπλουτισμένο με εκχύλισμα ιπποφαούς, οφείλεται στην παρουσία χρωστικής το  $\beta$ -καροτένιο όπου το ιπποφαές είναι πλούσιο σε αυτό. Η χρωστική αυτή εμφανίζει ένα ευρύ φάσμα χρωμάτων ως συνάρτηση του pH, γι' αυτό και μετά την οξίνιση του γιαουρτιού που είναι εμπλουτισμένο με ιπποφαές και τη μείωση του pH που προκαλείται από τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος, οι μεταβλητές του χρώματος  $a^*$  και  $b^*$  αυξάνονται (Qiu et al., 2021). Παρόμοια αποτελέσματα στο χρώμα του γιαουρτιού εμφανίστηκαν σε μελέτες όπου το γιαούρτι ήταν εμπλουτισμένο με φυτικές ίνες σιταριού (Hashim et al., 2009) και με ίνες πορτοκαλιού (García-Pérez et al., 2005).

### 3.5 Ανάλυση μικροδομής

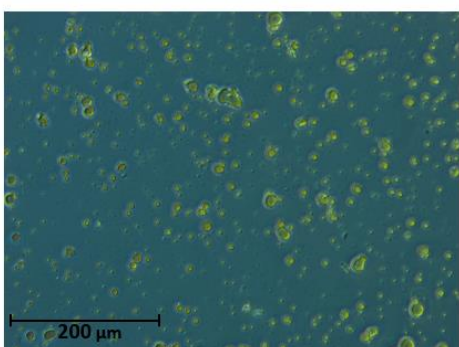
Η μικροδομή των δειγμάτων καταγράφηκε χρησιμοποιώντας ανάστροφο οπτικό μικροσκόπιο με συγκεκριμένο φακό μεγέθυνσης. Στις παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζεται η μικροδομή των υδατικών εκχυλίσμάτων ιπποφαούς καθώς και των γιαουρτιών που είναι εμπλουτισμένα με εκχύλισμα ιπποφαούς σε συγκεντρώσεις 0% w/w (control), 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w ιπποφαές. Με αυτόν τον τρόπο γίνονται αντιληπτές οι αλλαγές που προκαλεί η προσθήκη του εκχυλίσματος ιπποφαούς στις ιδιότητες του γιαουρτιού.



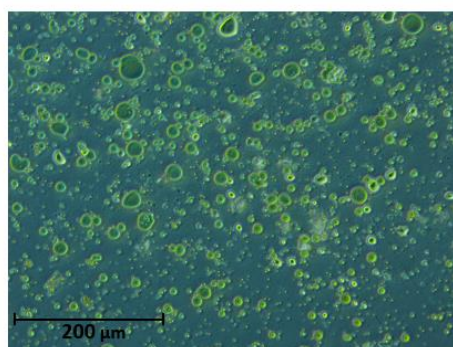
(α) 0.5% w/w ιπποφαές



(β) 1% w/w ιπποφαές



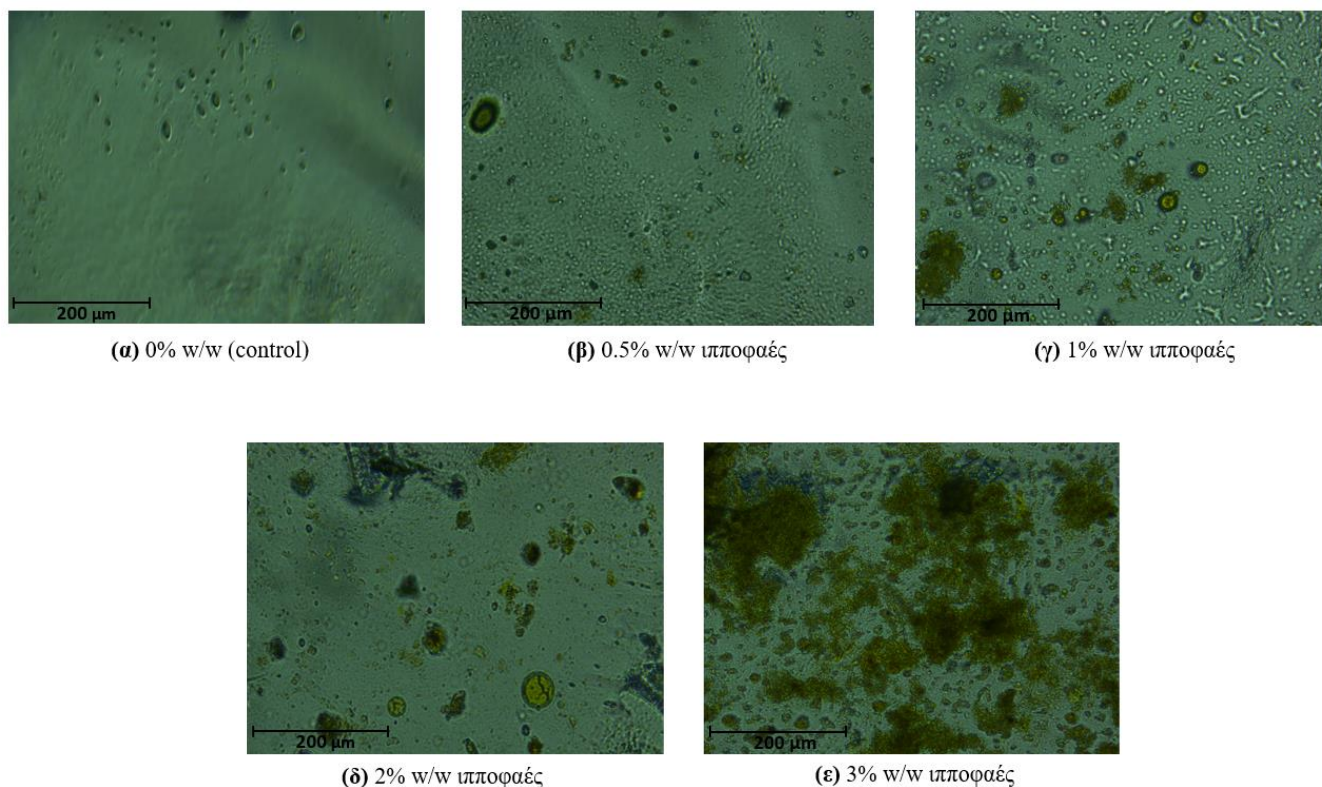
(γ) 2% w/w ιπποφαές



(δ) 3% w/w ιπποφαές

**Εικόνα 6.** Ανάστροφο οπτικό μικροσκόπιο ZEISS Primovert με φακό 10x. Μικροδομή (α)υδατικό εκχύλισμα ιπποφαούς 0.5% w/w, (β) υδατικό εκχύλισμα ιπποφαούς 1% w/w, (γ) υδατικό εκχύλισμα ιπποφαούς 2%w/w, (δ) υδατικό εκχύλισμα ιπποφαούς 3%w/w





**Εικόνα 7.** Ανάστροφο οπτικό μικροσκόπιο ZEISS Primovert με φακό 10x. Μικροδομή (α) γιαούρτι 0% w/w (control), (β) γιαούρτι με εκχύλισμα ιπποφαούς 0.5% w/w, (γ) γιαούρτι με εκχύλισμα ιπποφαούς 1%w/w, (δ) γιαούρτι με εκχύλισμα ιπποφαούς 2%w/w (ε) γιαούρτι με εκχύλισμα ιπποφαούς 3% w/w

Στην εικόνα 6 απεικονίζεται η μικροδομή του υδατικού εκχυλίσματος ιπποφαούς 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w. Συγκεκριμένα, εμφανίζονται σφαιρικά σταγονίδια κίτρινου χρώματος με μορφή ελαίου. Σύμφωνα και με τους (Beveridge & Harrison, 2001) αυτά τα σταγονίδια είναι σωματίδια του ιπποφαούς. Επίσης, παρατηρούμε πως η προσθήκη μεγαλύτερης συγκέντρωσης ιπποφαούς και ειδικά 2% w/w και 3% w/w προκαλεί αύξηση στο μέγεθος των εμφανών σωματιδίων του ιπποφαούς και αλλαγή στη μορφή τους καλύπτοντας μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του δείγματος.

Στην εικόνα 7 επίσης φαίνεται ότι η απεικόνιση της μικροδομής του αρχικού δείγματος γιαουρτιού 0% w/w (control) που λήφθηκε έδειξε μια εντελώς διαφορετική μικροδομή από αυτή του γιαουρτιού που ήταν εμπλουτισμένο με

ιποφαές. Όπως φαίνεται και παραπάνω, η προσθήκη ιποφαούς στο γιαούρτι κατά τη ζύμωση συνέβαλε στην παραγωγή ενός τζελ. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε συσσωματώματα ιποφαούς που περιέχουν σφαιρικά σταγονίδια. Τα συσσωματώματα έχουν κίτρινο χρώμα λόγω της ύπαρξης καροτενοειδών στο εκχύλισμα ιποφαούς. Παράλληλα, σε πολλά σημεία παρατηρούμε ενσωματωμένα στα συσσωματώματα, περιοχές με σκούρο-μαύρο χρώμα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην παρουσία κάποιου πολυσακχαρίτη. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του ιποφαούς στο δείγμα, παρατηρούμε πως τα σταγονίδια ιποφαούς γίνονται πιο πυκνά, με μεγαλύτερο μέγεθος και με διαφορετική μορφή και σχήμα καθώς απλώνονται, καλύπτοντας ανομοιογενώς την επιφάνεια του δείγματος δημιουργώντας διαφορετικές φάσεις. Επιπλέον, παρατηρούμε πως περισσότερες φάσεις κίτρινες-ιποφαούς υπάρχουν στο δείγμα με 3% w/w ιποφαές (Beveridge & Harrison, 2001) που είναι η μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σύγκριση με την εικόνα που παίρνουμε στο μικροσκόπιο για τα δείγματα με τις μικρότερες συγκεντρώσεις 0.5% w/w ή το 1% w/w όπου τα σφαιρικά σταγονίδια είναι πολύ μικρά και πιο ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του γιαουρτιού. Επομένως, με βάση την εικόνα που λαμβάνουμε από το μικροσκόπιο συμπεραίνουμε πως στο δείγμα με 3% w/w ιποφαές, υπάρχει ανομοιογένεια των κίτρινων φάσεων και οι πολυσακχαρίτες μπορούν και συγκρατούν ισχυρά τον ορό γάλακτος με αποτέλεσμα μικρότερη συναίρεση στο δείγμα. Παρόμοια αποτελέσματα εμφάνισαν και τα γιαούρτια που ήταν εμπλουτισμένα με εκχύλισμα λουλουδιών βρώσιμου τριαντάφυλλου, (Rosa Rugosa cv Plena) (Qiu et al., 2021).



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ιπποφαές είναι ένα συστατικό όπου η χρήση του σε προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση έχει πολλές δυνατότητες και οφέλη γι' αυτό και η ενσωμάτωση του σε αυτά είναι μεγάλης σημασίας. Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση εκχυλίσματος ιπποφαούς τόσο στη ζύμωση του γάλακτος όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου γιαουρτιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο εμπλουτισμός του γιαουρτιού με το φυσικό αυτό εκχύλισμα επιτάχυνε τη διαδικασία της ζύμωσης, μειώνοντας το χρόνο που χρειάζεται το γιαούρτι για να φτάσει στην ολοκλήρωση της ζύμωσης ( $t_{pH4.6}$ ). Γενικότερα, το γιαούρτι με 2% w/w ιπποφαές και 3% w/w ιπποφαές παρουσίασε ίδια συμπεριφορά στις τιμές του  $pH_{vmax}$ ,  $t_{pH5}$ ,  $t_{pH4.6}$ . Παράλληλα, το γιαούρτι 0% w/w και 0.5% w/w ιπποφαές εμφάνισε υψηλότερο ρυθμό οξίνισης  $V_{max}$  και μικρότερο χρόνο  $t_{Vmax}$  ενώ το γιαούρτι με 3% w/w ιπποφαές εμφάνισε χαμηλότερο ρυθμό οξίνισης  $V_{max}$  και μεγαλύτερο χρόνο  $t_{Vmax}$ . Στην τιτλοδοτημένη οξύτητα του γιαουρτιού η προσθήκη του εκχυλίσματος ιπποφαούς διατήρησε στα επιθυμητά όρια το γαλακτικό οξύ με βάση τα όρια του Codex Alimentarius που είναι σημαντικό για τη γεύση και το άρωμα του γιαουρτιού. Επιπλέον, η προσθήκη του εκχυλίσματος βελτίωσε την υφή του γιαουρτιού, καθώς υψηλότερη συναίρεση εμφάνισε το γιαούρτι 0% w/w (control) δηλαδή αυτό που δεν περιέχει το εκχύλισμα και χαμηλότερη εκείνο που ήταν εμπλουτισμένο με 3% w/w ιπποφαές, ενώ παράλληλα υψηλότερη συγκράτηση νερού εμφάνισε το γιαούρτι με 3% w/w ιπποφαές και χαμηλότερη το control 0% w/w. Επιπλέον, μεταβολές από την ενσωμάτωση του ιπποφαούς παρατηρήθηκαν και στη μικροδομή όπως φάνηκε από το μικροσκόπιο αλλά και στο χρώμα του γιαουρτιού, καθώς προκάλεσε αύξηση της ερυθρότητας ( $a^*$ ) και του κιτρινίσματος ( $b^*$ ) στο παραγόμενο γιαούρτι. Εν κατακλείδι, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω, συμπεραίνουμε πως η παρασκευή γιαουρτιού εμπλουτισμένου με εκχύλισμα

ιποφαούς καθίσταται δυνατή, με βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά και με ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία. Η προσθήκη αυτού του φυσικού φυτικού εκχυλίσματος μπορεί να οδηγήσει στην παρασκευή ενός νέου λειτουργικού τροφίμου.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Afoakwa, E. O. (2014). Effect of Ingredient Variation on Microbial Acidification, Susceptibility to Syneresis, Water Holding Capacity and Viscosity of Soy-Peanut-Cow Milk Yoghurt. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 1(2), 74–79.  
<https://doi.org/10.15406/jnhfe.2014.01.00012>
- Aghababaie, M., Khanahmadi, M., & Beheshti, M. (2015). Developing a kinetic model for co-culture of yogurt starter bacteria growth in pH controlled batch fermentation. *Journal of Food Engineering*, 166, 72–79.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.05.013>
- Almusallam, I. A., Mohamed Ahmed, I. A., Babiker, E. E., Al-Juhaimi, F. Y., Saleh, A., Qasem, A. A., Al Maiman, S., Osman, M. A., Ghafoor, K., Hajji, H. A., & Al-Shawaker, A. S. (2021). Effect of date palm (Phoenix dactylifera L.) spikelets extract on the physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage. *Lwt*, 148(April), 111762.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111762>
- Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M. A., Fendri, I., Attia, H., & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *Lwt*, 84, 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.071>
- Beveridge, T., & Harrison, J. E. (2001). Microscopic structural components of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) juice prepared by centrifugation. *LWT - Food Science and Technology*, 34(7), 458–461.  
<https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0791>

- Brodziak, A., Król, J., Matwijczuk, A., Czernecki, T., Glibowski, P., Wlazło, Ł., & Litwińczuk, A. (2021). Effect of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) mousse on properties of probiotic yoghurt. *Applied Sciences* (Switzerland), 11(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/app11020545>
- Casarotti, S. N., Borgonovi, T. F., Batista, C. L. F. M., & Penna, A. L. B. (2018). Guava, orange and passion fruit by-products: Characterization and its impacts on kinetics of acidification and properties of probiotic fermented products. *Lwt*, 98(July), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.010>
- Chandra, S., Zafar, R., Dwivedi, P., Prita, B., & Shinde, L. P. (2018). Pharmacological and nutritional importance of sea buckthorn (*Hippophae*). *The Pharma Innovation Journal*, 7(5), 258–263. [www.thepharmajournal.com](http://www.thepharmajournal.com)
- Chouchouli, V., Kalogeropoulos, N., Konteles, S. J., Karvela, E., Makris, D. P., & Karathanos, V. T. (2013). Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *Lwt*, 53(2), 522–529. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.008>
- Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, Ľ., Panovská, Z., Revenco, D., & Burčová, Z. (2020). Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133(September 2019), 109170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>
- Commission, T. I., Committee, C. I. E. C., Com-, T., & Committee, C. I. E. C. (1960). *EDITORIAL CIE Recommendations on Uniform Color Spaces , Color-Difference Equations , and Metric Color Terms*.
- Damin, M. R., Alcântara, M. R., Nunes, A. P., & Oliveira, M. N. (2009). 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. *LWT - Food Science and Technology*, 42(10), 1744–1750. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.03.019>
- do Espírito Santo, A. P., Perego, P., Converti, A., & Oliveira, M. N. (2012). Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. *LWT - Food Science and Technology*, 47(2), 393–399. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.038>
- Ehsani, A., Banihabib, E. K., Hashemi, M., Saravani, M., & Yarahmadi, E. (2016). Evaluation of Various Properties of Symbiotic Yoghurt of Buffalo Milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1466–1473. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12732>
- Fatima, T., Snyder, C. L., Schroeder, W. R., Cram, D., Datla, R., Wishart, D., Weselake, R. J., & Krishna, P. (2012). Fatty acid composition of developing sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry and the transcriptome of the mature seed. *PLoS ONE*, 7(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034099>
- Fernandez, M. A., & Marette, A. (2017). Potential health benefits of combining yogurt and fruits based on their probiotic and prebiotic properties. In *Advances in Nutrition* (Vol. 8, Issue 1, pp. 155S-164S). <https://doi.org/10.3945/an.115.011114>
- Gao, H. X., Yu, Z. L., He, Q., Tang, S. H., & Zeng, W. C. (2018). A potentially functional yogurt co-fermentation with *Gnaphalium affine*. *Lwt*, 91(August 2017), 423–430. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.085>
- García-Pérez, F. J., Lario, Y., Fernández-López, J., Sayas, E., Pérez-Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2005). Effect of orange fiber addition on yogurt color

- during fermentation and cold storage. *Color Research and Application*, 30(6), 457–463. <https://doi.org/10.1002/col.20158>
- Ge, X., Tang, N., Huang, Y., Chen, X., Dong, M., Rui, X., Zhang, Q., & Li, W. (2022). Fermentative and physicochemical properties of fermented milk supplemented with sea buckthorn (*Hippophae eleagnaceae* L.). *Lwt*, 153(September 2021), 112484. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112484>
- Gómez-Gallego, C., Gueimonde, M., & Salminen, S. (2018). The role of yogurt in food-based dietary guidelines. *Nutrition Reviews*, 76, 29–39. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy059>
- Hashemi Gahruie, H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., & Hanifpour, M. A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>
- Hashim, I. B., Khalil, A. H., & Afifi, H. S. (2009). Quality characteristics and consumer acceptance of yogurt fortified with date fiber. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5403–5407. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2234>
- Jagdale, Y. D., Mahale, S. V., Zohra, B., Nayik, G. A., Dar, A. H., Ali Khan, K., Abdi, G., & Karabagias, I. K. (2021). Nutritional profile and potential health benefits of super foods: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16), 1–30. <https://doi.org/10.3390/su13169240>
- Jaśniewska, A., & Diowks, A. (2021). Wide spectrum of active compounds in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) for disease prevention and food production. *Antioxidants*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/antiox10081279>
- Jeong, C. H., Ryu, H., Zhang, T., Lee, C. H., Seo, H. G., & Han, S. G. (2018). Green tea powder supplementation enhances fermentation and antioxidant

- activity of set-type yogurt. *Food Science and Biotechnology*, 27(5), 1419–1427. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0370-9>
- Khoury, C. (2012). *Seabuckthorn Berries as a Novel Source of Prebiotic in Yogurt Model*.
- Kwon, H. C., Bae, H., Seo, H. G., & Han, S. G. (2019). Short communication: Chia seed extract enhances physiochemical and antioxidant properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4870–4876. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16129>
- Lazzi, C., Bove, C. G., Marsano, R. M., & Neviani, E. (2009). Transcriptional analysis of the *gdhA* gene in *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Applied Microbiology*, 107(4), 1358–1366. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04317.x>
- Lee, W. J., & Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(9), 1127–1136. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.r.05>
- Mahmoudi, R., Bajalanlou, F., Ghajarbeygi, P., & Pakbin, B. (2016). Chemical properties and sensory evaluation of probiotic yoghurt manufactured with aqueous extract of Aloe vera. *Journal of Biology and Today's World*, 5(11), 197–202. <https://doi.org/10.15412/J.JBTW.01051102>
- Meybodi, N. M., Mortazavian, A. M., Arab, M., & Nematollahi, A. (2020). Probiotic viability in yoghurt: A review of influential factors. *International Dairy Journal*, 109, 104793. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104793>
- Mohamed Ahmed, I. A., Alqah, H. A. S., Saleh, A., Al-Juhaimi, F. Y., Babiker, E. E., Ghafoor, K., Hassan, A. B., Osman, M. A., & Fickak, A. (2021). Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type

- yogurt fortified with argel (*Solenostemma argel* Hayne) leaf extract. *Lwt*, 137(August 2020), 110389. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110389>
- Najgebauer-Lejko, D., Grega, T., & Tabaszewska, M. (2014). Yoghurts with addition of selected vegetables: Acidity, antioxidant properties and sensory quality. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 13(1), 35–42. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.3>
- Najgebauer-Lejko, D., Liszka, K., Tabaszewska, M., & Domagała, J. (2021). Probiotic yoghurts with sea buckthorn, elderberry, and sloe fruit purees. *Molecules*, 26(8). <https://doi.org/10.3390/molecules26082345>
- Nawaz, M. A., Khan, A. A., Khalid, U., Buerkert, A., & Wiehle, M. (2019). Superfruit in the niche-underutilized sea buckthorn in Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/su11205840>
- Popović, N., Brdarić, E., Đokić, J., Dinić, M., Veljović, K., Golić, N., & Terzić-Vidojević, A. (2020). Yogurt produced by novel natural starter cultures improves gut epithelial barrier in vitro. *Microorganisms*, 8(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8101586>
- Qiu, L., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Chang, L. (2021). Effect of edible rose (*Rosa rugosa* cv. Plena) flower extract addition on the physicochemical, rheological, functional and sensory properties of set-type yogurt. *Food Bioscience*, 43(April), 101249. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101249>
- Rafalska, A., Abramowicz, K., & Krauze, M. (2017). Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a plant for universal application. *World Scientific News*, 72, 123–140.
- Reading, F., & Sweeteners, A. (n.d.). *YOGURT/Dietary Importance 0026*.



6264–6266.

Research, P. K.-I. J. of S. and, & 2014, undefined. (2014). October 2014 Online Print Version International Journal of Scientific and Research Publications. *CiteSeer*, 4(4). <http://www.ijsrp.org/e-journal.html>

Robinson, R. K., & Tamime, A. Y. (1993). Manufacture of Yoghurt and Other Fermented Milks. *Modern Dairy Technology*, 1–48.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8172-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8172-3_1)

Routray, W., & Mishra, H. N. (2011). Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(4), 208–220. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00151.x>

Sanusi, M. S., Raji, A. O., & Ayilaran, E. O. (2022). Kinetic acidification and quality composition of yoghurt produced with soursop puree. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 2229–2239.  
<https://doi.org/10.1007/s11694-022-01339-9>

Savaiano, D. A., & Hutkins, R. W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 79(5), 599–614.  
<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>

Ścibisz, I., Ziarno, M., & Mitek, M. (2019). Color stability of fruit yogurt during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1997–2009.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03668-y>

Sfakianakis, P., & Tzia, C. (2014). Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review. *Foods*, 3(1), 176–193. <https://doi.org/10.3390/foods3010176>

Shen, C., Wang, T., Guo, F., Sun, K., Wang, B., Wang, J., Zhang, Z., Zhang, X.,

- Zhao, Y., & Chen, Y. (2021). Structural characterization and intestinal protection activity of polysaccharides from Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *Carbohydrate Polymers*, 274(August), 118648. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118648>
- Shori, A. B., & Peng, C. W. (2021). Physicochemical analysis, proteolysis activity and exopolysaccharides production of herbal yogurt fortified with plant extracts. *International Journal of Food Engineering*, 17(3), 227–236. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0020>
- Soni, R., Jain, N. K., Shah, V., Soni, J., Suthar, D., & Gohel, P. (2020). Development of probiotic yogurt: effect of strain combination on nutritional, rheological, organoleptic and probiotic properties. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 57, Issue 6, pp. 2038–2050). <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04238-3>
- Sozzi, T., & Smiley, M. B. (1980). Antibiotic resistances of yogurt starter cultures. *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 40(5), 862–865. <https://doi.org/10.1128/aem.40.5.862-865.1980>
- Strains, S. B., & Time, S. (2020). *Changes in the Physicochemical Parameters of*.
- Taneva, I., Matter, A., Mahmoud, A. M., & Zidan, N. S. (2016). Related papers  
STUDY ON THE ACIDIFICATION DYNAMICS AND SYNERESIS  
OF YOGHURT ENRICHED IN GOJI B... Fruit Flavored Yoghurt:  
Chemical, Functional and Rheological Properties. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR) ISSN*, 2(5).
- Teixeira, P. (2014). *Lactobacillus: Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. In *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition* (Second Edi, Vol. 2).

Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00177-4>

Vénica, C. I., Spotti, M. J., Pavón, Y. L., Molli, J. S., & Perotti, M. C. (2020).

Influence of carrot fibre powder addition on rheological, microstructure and sensory characteristics of stirred-type yogurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(5), 1916–1923.

<https://doi.org/10.1111/ijfs.14415>

Vilas-Franquesa, A., Saldo, J., & Juan, B. (2020). Potential of sea buckthorn-

based ingredients for the food and feed industry – a review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-020-00032-y>

Zhang, T., Jeong, C. H., Cheng, W. N., Bae, H., Seo, H. G., Petriello, M. C., &

Han, S. G. (2019). Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *Lwt*, 101(October 2018), 276–284.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.010>

Zielińska, A., & Nowak, I. (2017). Abundance of active ingredients in sea-

buckthorn oil. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 1–11.

<https://doi.org/10.1186/s12944-017-0469-7>

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (2003) Μέρος Α΄ Τρόφιμα και Ποτά Κεφάλαιο

1. Ελληνική Δημοκρατία. Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών. Γενικό Χημείο του Κράτους.