



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος
Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας

ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ – ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΚΟΥΡΟΥΝΙΩΤΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

«Μελέτη της ζύμωσης του γάλακτος για την παρασκευή
γιαουρτιού υπό την επίδραση εκχυλισμάτων γκουαρανά»

ΛΑΡΙΣΑ, 2022

«Μελέτη της ζύμωσης του γάλακτος για την παρασκευή γιαουρτιού υπό την επίδραση εκχυλισμάτων γκουαρανά»

«Study of milk fermentation for the production of yogurt under the effect of guarana extracts»

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γιαννούλη Περσεφόνη

Επίκουρος Καθηγήτρια Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων
Φυτικής Προέλευσης, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας (Επιβλέπων)

Λεωνίδας Δημήτριος

Καθηγητής Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας (Μέλος επιτροπής)

Μπαλατσός Νικόλαος

Επίκουρος Καθηγητής Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος επιτροπής)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τις μεταπτυχιακές σπουδές μου και φέρνοντας εις πέρας τη συγγραφή της πτυχιακής μου διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην επίτευξη αυτή.

Σαν ελάχιστο δείγμα εκτίμησης, απευθύνω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα της πτυχιακής μου διατριβής κ. Γιαννούλη Περσεφόνη, Επίκουρος Καθηγήτρια Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων Φυτικής Προέλευσης, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας για την έμπρακτη υποστήριξη, τη βοήθεια της και το αμέριστο ενδιαφέρον στη διεξαγωγή των πειραμάτων καθώς και στην τελική διαμόρφωση της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον κ. Λεωνίδα Δημήτριο, Καθηγητής Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και στον κ. Μπαλατσό Νικόλαο, Επίκουρος Καθηγητής Βιοχημείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, για τις παρατηρήσεις τους στην παρούσα διατριβή. Επιπλέον, τις θερμές μου ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω στην κ. Χατζηγιωάννου Μαριάνθη, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος που μας έδωσε την άδεια χρήσης του μηχανήματος αναλυτή δομής, στην κ. Μπάρη Αναστασία, υποψήφια Διδάκτορας και στην κ. Καραγιάννη Νικολέτα για την συμβολή τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου που είναι δίπλα μου και με στηρίζουν σε κάθε στιγμή της ζωής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τη σημερινή εποχή, οι γαλακτοβιομηχανίες προσπαθούν να παράγουν ποιοτικά και ωφέλιμα προϊόντα για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Το γιαούρτι αποτελεί από μόνο του ένα τρόφιμο με υψηλή διατροφική αξία, πόσο μάλλον αν συνδυαστεί με ουσίες που προέρχονται από φυτά. Στην παρούσα ερευνητική διατριβή μελετήθηκε η επίδραση εκχυλισμάτων γκουαρανά στη ζύμωση του γάλακτος για την παρασκευή γιαουρτιού. Στόχος είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός νέου λειτουργικού προϊόντος, εμπλουτισμένο με τα ωφέλιμα χαρακτηριστικά του γκουαρανά για την υγεία του ανθρώπου. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε πως τα εκχυλίσματα με συγκεντρώσεις γκουαρανά 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w επηρεάζουν τη δημιουργία και τα βασικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού, όπως το pH, την οξύτητα, το χρώμα, τη συναίρεση, την ικανότητα συγκράτησης νερού, τη σκληρότητα και τη μικροδομή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων απέδειξαν ότι η προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά μείωσε τον χρόνο που χρειάζεται το γιαούρτι να φτάσει στον μέγιστο ρυθμό οξίνισης, καθώς και στην ολοκλήρωση της ζύμωσης ($T_{pH4,6}$). Η υψηλότερη τιμή της % συναίρεσης εμφανίζεται στο γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 3% w/w, ενώ την χαμηλότερη στο control (0% w/w). Αντίθετα, στην % συγκράτηση νερού, η συγκέντρωση 0.5% w/w έχει την χαμηλότερη τιμή, ενώ το control (0% w/w) την υψηλότερη. Όσον αφορά το χρώμα, παρατηρήθηκε μείωση της φωτεινότητας (L^*), αύξηση της ερυθρότητας (a^*) και του κιτρινίσματος (b^*), όσο αυξάνεται η συγκέντρωση γκουαρανά. Τέλος, οι υψηλότερες τιμές σκληρότητας εμφανίζονται στα γιαούρτια με συγκεντρώσεις 0% και 3% w/w γκουαρανά. Στις ίδιες συγκεντρώσεις οι φωτογραφίες της μικροδομής απεικονίζουν ένα πιο συμπαγές δίκτυο μικκυλίων καζεΐνης.

Λέξεις Κλειδιά: Γιαούρτι, Γκουαρανά (Guarana), Εκχύλισμα, Ζύμωση

ABSTRACT

In our days, dairy companies strive to produce quality and beneficial products for the health of the human body. Yogurt is in itself a food with high nutritional value, especially if combined with substances derived from plants. In this thesis, the effect of guarana extracts on the fermentation of milk for the preparation of yogurt has been studied. The aim is to study and design a new functional product, enriched with the beneficial characteristics of guarana in human health. In particular, it was investigated how the extracts with guarana concentrations 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3% and 4% w/w affect the formation and basic characteristics of yogurt, such as pH, acidity, color, synergy, water holding capacity, hardness and microstructure. The results of the measurements showed that the addition of guarana extract reduced the time it takes the yogurt to reach the maximum rate of acidification, as well as the completion of fermentation ($T_{pH4,6}$). The highest value of % synergy appears in yogurt with a guarana concentration of 3% w/w, while the lowest in control (0% w/w). On the contrary, at % water retention, the 0.5% w / w concentration has the lowest value, while the control (0% w/w) has the highest. As far as color is concerned, there was a decrease in brightness (L^*), an increase in redness (a^*) and yellowing (b^*), as the guarana concentration increased. Finally, the highest hardness values appear in yogurts with concentrations of 0% and 3% w/w guarana. At the same concentrations, the microstructure photographs show a more compact casein micelle network.

Keywords: Yogurt, Guarana, Extract, Fermentation

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
1 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	9
1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Γκουαρανά.....	9
1.1.1 Γκουαρανά και Ιστορία.....	9
1.1.2 Γκουαρανά – Χημική Σύσταση, Υγεία και Εμπορικές Εφαρμογές	11
1.2 Γιαούρτι	15
1.2.1 Ιστορία και Χαρακτηριστικά.....	15
1.2.2. Τύποι Γιαουρτιού.....	18
1.2.3 Γιαούρτι και Υγεία.....	20
1.2.4 Καινοτομίες στο Γιαούρτι	21
2 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	24
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	24
2.1 Υλικά	24
2.2 Μέθοδοι.....	24
2.2.1 Παρασκευή Εκχυλισμάτων Γκουαρανά.....	24
2.2.2 Παρασκευή Γιαουρτιού	25
2.2.3 Προσδιορισμός της Κινητικής.....	25
2.2.4 Προσδιορισμός Οξύτητας.....	26
2.2.5 Προσδιορισμός Συναίρεσης και Συγκράτησης Νερού.....	26
2.2.6 Προσδιορισμός Χρώματος	26
2.2.7 Προσδιορισμός Δομής.....	27
2.2.8 Προσδιορισμός Μικροδομής	27
2.2.9 Στατιστική Ανάλυση	28
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	29
3. Αποτελέσματα – Συζήτηση	29
3.1 Μετρήσεις Κινητικής.....	29
3.2 Μετρήσεις Τιτλοδοτούμενη Οξύτητας.....	35
3.2 Μετρήσεις Συναίρεσης – Συγκράτησης Νερού	37
3.4 Μετρήσεις Χρώματος.....	39
3.5 Μετρήσεις Δομής	43

3.6 Μικροδομή	45
Συμπεράσματα	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	50
Ξένη Βιβλιογραφία	50
Ελληνική Βιβλιογραφία	61

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1. Εισαγωγή

1.1 Γκουαρανά

1.1.1 Γκουαρανά και Ιστορία

Το Γκουαρανά (*Guarana*) είναι ένας πεδινός, τροπικός, ξυλώδης, αναρριχητικός θάμνος, που προέρχεται από την περιοχή του Αμαζονίου και μπορεί να φτάσει τα δέκα μέτρα. Είναι προσαρμοσμένο σε ζεστά και υγρά κλίματα και χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες από αυτόχθονες κοινότητες (W. G. da Silva et al., 2015). Πέρα από *guarana* ονομάζεται και *guaraná-da-amazônia*, *guaranaina*, *guaranauna*, *uarana* ή *narana*. Οι λέξεις αυτές σημαίνουν «άμπελος» στην αυτόχθονη διαλέκτος, γιατί μοιάζει με αυτή. Το *Paullinia cupana Kuth* είναι το Βραζιλιάνικο είδος γκουαρανά και ανήκει στην οικογένεια *Sapindaceae*. (Schimpl et al., 2013). Το στέλεχος του γκουαρανά είναι ραβδωτό και έχει κιτρινωπό-καφέ χρώμα όταν είναι ξυλοποιημένο (Smith & Atroch, 2007). Ο καρπός του γκουαρανά αποτελείται από ένα κέλυφος, το οποίο περιβάλλει έναν σπόρο που καλύπτεται μερικώς από ένα λευκό περικάρπιο. Η συγκομιδή των σπόρων εκτελείται χειροκίνητα εξαιτίας της μη ομοιόμορφης ωρίμανσης του καρπού και στο χρονικό διάστημα όπου εμφανίζουν το ανοιχτό-λευκό και το έντονο κόκκινο χρώμα τους. Η παραγωγή είναι ετήσια και η πρώτη συγκομιδή μπορεί να πραγματοποιηθεί έπειτα από το τρίτο έτος ζωής του φυτού (Schimpl et al., 2013).

Οι Ινδιάνοι του Sateré-Mawé, στην περιοχή του ποταμού Maues, ήταν οι πρώτοι που επεξεργάστηκαν το γκουαρανά. Οι σπόροι αποτελούν το προϊόν που καταναλώνεται και εμπορεύεται (CONAB, 2017). Η επεξεργασία των σπόρων περιλαμβάνει τη ζύμωση, το ψήσιμο και την άλεση. Οι διαδικασίες αυτές, διαφέρουν μεταξύ των μεγάλων και μικρών παραγωγών (Schimpl et al., 2013). Στη χειροκίνητη επεξεργασία, οι σπόροι ανακτώνται από τους καρπούς μετά από ζύμωση τριών ημερών, ενώ στην επεξεργασία σε μηχανήματα πολτοποίησης, οι σπόροι συλλέγονται απευθείας μετά τη συγκομιδή. Στη συνέχεια, πλένονται με σκοπό την αφαίρεση όσο το δυνατόν περισσότερου περικαρπίου και στεγνώνονται σε γλάστρες

σιδήρου ή πηλού για τρεις έως πέντε ώρες με συνεχή ανάδευση για να μην καεί το προϊόν. Αντίθετα, στη βιομηχανία το στέγνωμα πραγματοποιείται σε ειδικά στεγνωτήρια και στο τέλος λαμβάνεται απευθείας το ακατέργαστο γκουαρανά. Το στέγνωμα διευκολύνει την μετέπειτα αφαίρεση του περικαρπίου του σπόρου. Έπειτα, το ψήσιμο των σπόρων εφαρμόζεται σε μερικές περιπτώσεις για να μειωθεί η υγρασία, με στόχο τη λήψη εκχυλισμάτων για τις βιομηχανίες ποτών (Walker et al., 2000). Στην περίπτωση όπου η ξήρανση των σπόρων δεν εκτελεστεί σύμφωνα με τους κανόνες διασφάλισης ποιότητας, τότε μπορεί να προκληθεί αποικοδόμηση βιοδραστικών ενώσεων και να τεθεί η ποιότητα του προϊόντος σε κίνδυνο (Carvalho et al., 2010). Στο επόμενο στάδιο οι σπόροι μπορεί να θρυμματιστούν έως τη παραλαβή τους σε μορφή σκόνης, ενώ σε επίπεδο βιομηχανίας, οι μύλοι χρησιμοποιούνται για την απόκτηση λεπτής σκόνης (Walker et al., 2000). Η άλεση βοηθάει στην ομογενοποίηση του προϊόντος καθώς και στη διευκόλυνση της λήψης εκχυλισμάτων υψηλής συγκέντρωσης καφεΐνης (Peng et al., 2018). Τέλος, ένας σημαντικός παράγοντας της διασφάλισης ποιότητας του γκουαρανά αποτελεί ο σωστός τρόπος αποθήκευσης, όπου η εσφαλμένη εκτέλεση του μπορεί να προκαλέσει απώλεια της ποιότητας, είτε για φυσικούς είτε για βιολογικούς λόγους (Marques et al., 2019).

Η πρώτη αναφορά της χρήσης γκουαρανά έγινε το 1669 ως ποτό, κατά τη διάρκεια της εκστρατείας Ιησουιτών στον Αμαζόνιο. Ο ιεραπόστολος João Felipe Bettendorf ανακάλυψε ότι οι Ινδιάνοι του Sateré-Mawé το χρησιμοποιούσαν διαλύοντας τη σκόνη του αλεσμένου σπόρου σε νερό μόνο του ή σε συνδυασμό με άλλα φυτικά φάρμακα. Το κατανάλωναν ως ένα διεγερτικό ποτό με διουρητικές ιδιότητες και θεραπευτικά αποτελέσματα κατά του πονοκέφαλου, του πυρετού και των κραμπών. Επιπλέον, το γκουαρανά καταναλωνόταν από τους Βραζιλιάνους χρησιμοποιώντας το ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ψωμιού καθώς και ως ποτό κατά τη διάρκεια μεγάλων ταξιδιών, έτσι ώστε να μπορέσουν να αντέξουν. Τον 18^ο αιώνα, αναφορές περιγράφουν τη θεραπεία των συμπτωμάτων της διάρροιας με τη χρήση του γκουαρανά καθώς και τη μείωση του κινδύνου για θερμικό στρες (Smith & Atroch, 2007). Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, το γκουαρανά χρησιμοποιείται κατά 70% από τις βιομηχανίες ποτών, από το οποίο το 45% προορίζεται για την παρασκευή των ανθρακούχων ποτών γκουαρανά και το 25% για εκχύλισμα και σιρόπι

γκουαρανά. Το 10% του συνόλου χρησιμοποιείται σε μορφή σκόνης για σπιτική κατανάλωση σε ενεργειακά ποτά ή σε άμεση κατάποση ή σε ζελατινώδεις κάψουλες. Το υπόλοιπο 20% προορίζεται για την παρασκευή φαρμακευτικών προϊόντων και καλλυντικών (Kuri, 2008).

1.1.2 Γκουαρανά – Χημική Σύσταση, Υγεία και Εμπορικές Εφαρμογές

Γκουαρανά – Χημική Σύσταση

Οι σπόροι του γκουαρανά εκτιμάται ότι περιέχουν μεγάλο ποσοστό καφεΐνης, μεθυλοξανθίνης, όπως και τανινών, καθώς και άλλες ενώσεις όπως σαπωνίνες, πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπαρά οξέα (Schimpl et al., 2014). Επιπρόσθετα, περιέχουν ιχνοστοιχεία όπως το μαγγάνιο, ρουβίδιο, νικέλιο και στρόντιο (de Gois et al., 2016). Παρ' όλα αυτά, η συγκέντρωση της καφεΐνης εξαρτάται από την παρασκευή του γκουαρανά και κατά μέσο όρο περιέχει περίπου 50 mg καφεΐνης ανά γραμμάριο.

Πίνακας 1 : Χημική σύσταση των σπόρων γκουαρανά.

Ουσία	Περιεχόμενο %	Βιβλιογραφικές Αναφορές
Καφεΐνη	2.14 – 6.0	(Zeidán-Chuliá et al., 2013)
Σύνολο Τανινών	5.0 – 14.1	(Yamaguti-Sasaki et al., 2007)
Πρωτεΐνες	15.0	(Hamerski et al., 2013)
Πολυσακχαρίτες	60.0	(Schimpl et al., 2013)
Ζάχαρη	6.0 – 8.0	(Marques et al., 2019)
Ίνες	3.0	(Marques et al., 2019)
Λιπαρά Οξέα	0.16	(Marques et al., 2019)
Σύνολο Τέφρας	1.06 – 2.88	(Marques et al., 2019)
Υγρασία	4.3 – 10.5	(Marques et al., 2019)

Στον παραπάνω πίνακα παραθέτονται αναλυτικά οι περιεκτικότητες των χημικών συστατικών του σπόρου γκουαρανά.

Η θεοβρωμίνη, η θεοφιλίνη και κυρίως η καφεΐνη είναι από τις πιο γνωστές μεθυλοξανθίνες και περιέχονται σε ποικίλα προϊόντα. Εμφανίζονται ευρύτατα σε είδη φυτών όπως ο καφές, το τσάι, οι ξηροί καρποί, το κακάο και το γκουαρανά. Το γκουαρανά, σε συνάρτηση με τα υπόλοιπα είδη φυτών, μπορεί να περιέχει έως και 7,5% υψηλότερη ποσότητα καφεΐνης καθιστώντας την εκχύλιση του άκρως ενδιαφέρουσα (Adnadjevic et al., 2017). Οι Howell G.m. Edwards et al (2005) αναφέρουν στην έρευνά τους ότι το γκουαρανά εμφανίζει περιεκτικότητα καφεΐνης 4 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη του *Coffea spp*, 30 φορές μεγαλύτερη από αυτή του κακάου και 10 φορές μεγαλύτερη του τσάι yerba (Edwards et al., 2005). Σημαντικό να αναφερθεί ότι η κοτυληδόνα του σπόρου του γκουαρανά έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα καφεΐνης με ποσοστό 4,3% σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέρη του φυτού. Η καφεΐνη απομονώθηκε για πρώτη φορά από τον Friedlieb Ferdinand Runge το 1820 (Mazzafera et al., 2009) και από τότε έχει μελετηθεί με συμβατικές και μη συμβατικές μεθόδους εκχύλισης. Ενδεικτικά αναφέρεται η εκχύλιση με υπερήχους (Sereshti et al., 2013), με στήλη-χρωματογραφίας (Wang et al., 2012) και με μικροκύματα (Adnadjevic et al., 2017). Σύμφωνα με έρευνα, πραγματοποιήθηκαν 40 αναλύσεις δειγμάτων γκουαρανά και υποπροϊόντων του, όπως σπόροι, σκόνη, σιρόπι, μπαστούνια, κάψουλες ζελατίνης και ανθρακούχα ποτά και μελετήθηκε η περιεκτικότητα καφεΐνης. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι τα ανθρακούχα ποτά εμφάνισαν την υψηλότερη, με τιμές από 8 έως 56mg στα 100ml (Schimpl et al., 2013).

Ενδιαφέρον αποτελεί η δράση των τανινών στο χρώμα των εκχυλισμάτων του γκουαρανά λόγω της υδρόφοβης επίδρασης και των δεσμών υδρογόνου που σχηματίζονται μεταξύ του μη μεθυλιωμένου αζώτου στον δακτύλιο καφεΐνης ινιδαζόλης και της υδροξυλικής ομάδας των τανινών (Edwards et al., 2005). Πραγματοποιήθηκαν πολλές προσπάθειες να αλλάξουν την αναλογία καφεΐνης και τανινών του αρχικού εκχυλίσματος από αποξηραμένο γκουαρανά, το οποίο είχε 5% καφεΐνη και 13,4% τανίνες, με σκοπό την τροποποίηση του χρώματος. Ως καλύτερη

τεχνική εμφανίστηκε η χρήση του οξειδίου του μαγνησίου, που απομάκρυνε το σύνολο των τανινών έως και 10 φορές περισσότερο σε σχέση με την αρχική αναλογία (Sousa et al., 2011).

Γκουαρανά και Υγεία

Σήμερα, έχει βρεθεί ότι το γκουαρανά εφαρμόζεται καθημερινά για να εξυπηρετήσει διάφορες ανάγκες. Επιστημονικές αναφορές αποδεικνύουν ότι μικρές δόσεις γκουαρανά την ημέρα (3g) βελτιώνουν τους δείκτες του οξειδωτικού στρες σε άτομα χωρίς προβλήματα υγείας λόγω της παρουσίας κατεχινών (Yonekura et al., 2016). Η ημερήσια κατανάλωση που υπερβαίνει τα 3g σκόνης γκουαρανά μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες επιδράσεις. Το γκουαρανά χρησιμοποιείται ως μυοχαλαρωτικό (Oñatibia-Astibia et al., 2017), διουρητικό λόγω της θεοβρωμίνης, αγγειοδραστικό καθώς και διεγερτικό για την καρδιά, το αναπνευστικό και το κεντρικό νευρικό σύστημα (Adnadjevic et al., 2017).

Το γκουαρανά λειτουργεί ως βιοδραστικό με αντιπολλαπλασιαστικά, αντιλιπογόνα και προστατευτικά κατά της οξειδωσης των λιπιδίων και της γλυκοζυλίωσης των πρωτεϊνών, αποτελέσματα (Santana & Macedo, 2018). Πολλές έρευνες αναφέρουν ότι οι καβουρδισμένοι σπόροι του γκουαρανά διαθέτουν αντιοξειδωτικές (Matsuura et al., 2015), αντιμικροβιακές (Basile et al., 2005), υποχοληστερολαιμικές (Portella et al., 2013), αντιφλεγμονώδεις (da Costa Kreweret al., 2014), ανοσορυθμιστικές και υπατοπροστατευτικές ιδιότητες (Koberetal., 2016). Όσον αφορά τον καρκίνο, το γκουαρανά επιδρά επιθετικά προς τα καρκινικά κύτταρα της ουροδόχου κύστης, μειώνοντας τον ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό και τη βιωσιμότητα των κυττάρων (Roggia et al., 2020). Δρα συνεργατικά με τα χημειοθεραπευτικά φάρμακα της θεραπείας του παχέου εντέρου (Carla Cadoná et al., 2016) και του καρκίνου του μαστού (Hertz et al., 2015) και βελτιώνει την κόπωση που προκαλείται ως αποτέλεσμα αυτών. Επιπρόσθετα, η κατανάλωση γκουαρανά συνδέεται με χαμηλότερο εμφάνιση της υπέρτασης, της παχυσαρκίας και του μεταβολικού συνδρόμου (Krewer et al., 2011). Το γκουαρανά, σύμφωνα με έρευνα, έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, οι οποίες επηρεάζουν το μεταβολισμό της γλυκόζης με την αναστολή της πέψης των υδατανθράκων, την απορρόφηση

γλυκόζης στο έντερο, την ενεργοποίηση των υποδοχέων ινσουλίνης και την πρόσληψη γλυκόζης στους ιστούς (Yonekura et al., 2016). Ως συμπέρασμα, βρέθηκε ότι το γκουαρανά θεωρείται διατροφική πηγή με αντι-υπεργλυκαιμική δράση διότι αναστέλλει τα ένζυμα που επηρεάζουν την πέψη των υδατανθράκων (C. P. Silva et al., 2018). Έρευνες των Rangel et al. (2013) έδειξαν ότι το ημι-καθαρισμένο εκχυλίσμα γκουαρανά εμφανίζει αγχολυτικά οφέλη και επηρεάζει τους σεροτονινεργικούς, ντοπαμινεργικούς και γλουταμινεργικούς νευροδιαβιβαστές (Rangel et al., 2013, Kober et al., 2016). Επιπλέον, βοηθάει στη συγκράτηση της γνώσης και τη βελτίωση της μνήμης λόγω της δραστηριότητας της ακετυλοχολινεστεράσης μέσω των συμπληρωμάτων διατροφής (Ruchel et al., 2017).

Επεξηγηματικά, ακατέργαστα και ημι-ακατέργαστα εκχυλίσματα γκουαρανά βοήθησαν στη χρόνια κατάθλιψη λόγω κάποιων συμπυκνωμένων τανινών που μπορούν να διασχίσουν το φράγμα αίματος-εγκεφάλου και να δράσουν στο νευρικό σύστημα (Youdim et al., 2004). Η κατανάλωση γκουαρανά σε μικρές δόσεις δεν έχει εμφανίσει σημαντικές παρενέργειες. Λόγω της υψηλής συγκέντρωσης καφεΐνης, εμφανίζει επιπτώσεις στον ύπνο, στο άγχος, στο στομάχι, έντονο παλμό της καρδιάς και της πίεσης του αίματος, όπως ακριβώς και ο καφές. Μπορεί να επιδεινώσει τις επιληπτικές κρίσεις είτε μειώνοντας το κατώφλι των κρίσεων είτε αυξάνοντας τη διάρκειά τους. Συνεπώς δεν πρέπει να καταναλώνεται από άτομα με επιληπτικές κρίσεις, υπέρταση, καρδιακά προβλήματα, αρρυθμίες, πεπτικό έλκος, αγχώδεις διαταραχές και νεφρικές βλάβες (Schimpl et al., 2013). Σημαντικό να αναφερθεί ότι ο συνδυασμός γκουαρανά και συμπληρωμάτων του μαζί με εφέδρα και προϊόντα με αλκαλοειδή εφεδρίνη, θα πρέπει να αποφεύγεται γιατί μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο για έμφραγμα μυοκαρδίου και ξαφνικό θάνατο (Nyska et al., 2005). Επιπλέον, μεγάλη δόση γκουαρανά μπορεί να προκαλέσει υποκαλαιμία, δηλαδή έλλειψη καλίου. Πρέπει να αποφεύγεται η κατανάλωση του δύο ώρες πριν τον ύπνο και κατά τη διάρκεια του θηλασμού. Τέλος, δεν συστήνεται η λήψη του από παιδιά και έγκυες διότι μπορεί να μειώσει το βάρος του μωρού λόγω της καφεΐνης που περιέχει (Schimpl et al., 2013).

Γκουαρανά και Εμπορικές Εφαρμογές

Οι Basile et al. (2005) αναφέρουν ότι στη Λατινική Αμερική, το γκουαρανά ενσωματώνεται σε τρόφιμα ως αρωματικός παράγοντας τόσο σε «Ποτά κόλα» και «Σαμπάνια γκουαρανά», όσο και σε αλκοολούχα ποτά όπως το «Vinos guaranados» και τα λικέρ (Basile et al., 2005). Άλλα παραδείγματα εμπορικής χρήσης του γκουαρανά αποτελούν το «Virtue sparkling energy water» και το «Guarana Antarctica». Το Virtue είναι ανθρακούχο νερό με εκχύλισμα φυτικών ουσιών, όπως yerba mate τσάι, εκχύλισμα γκουαρανά και τζίνσενγκ. Περιέχει βιταμίνες, είναι κατάλληλο για vegan, δεν περιέχει ζάχαρη και είναι κατάλληλο για άτομα που θέλουν να ελαττώσουν τον καφέ, χωρίς να χάσουν τις ιδιότητες της καθαρής καφεΐνης. Το Guarana Antarctica είναι το πιο δημοφιλές αναψυκτικό της Βραζιλία με εκχύλισμα γκουαρανά και τροπικών φρούτων. Πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες και καφεΐνη, δρα διεγείροντας το κεντρικό νευρικό σύστημα. Σήμερα, οι εφαρμογές του γκουαρανά σε τρόφιμα είναι περιορισμένες.

1.2 Γιαούρτι

1.2.1 Ιστορία και Χαρακτηριστικά

Γιαούρτι και Ιστορία

Από το 2900 π.Χ., ο άνθρωπος ξεκίνησε να ασχολείται με την επεξεργασία του αγελαδινού γάλακτος και κατ' επέκταση του γιαουρτιού. Το γιαούρτι είναι ένα ζυμωμένο γαλακτοκομικό προϊόν, το οποίο στην αρχαιότητα, αποτέλεσε τη βάση της καθημερινής διατροφής των ανθρώπων. Η ανακάλυψη του γιαουρτιού, εικάζεται ότι έγινε τυχαία σε μία περιοχή της σημερινής Τουρκίας. Το γάλα, ως ευπαθές προϊόν, δεν μπορούσε να διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα να ξίνιζε και να μετατρέπεται σε μία πιο συντηρήσιμη μορφή. Πιθανολογείται δηλαδή, ότι κάποια στιγμή το γάλα, ξεχάστηκε για αρκετές ώρες σε κάποιο δοχείο υπό την επίδραση θερμότητας, γεγονός που αποτέλεσε τη δημιουργία του γιαουρτιού (Tamime & Robinson, 2007).

Σήμερα, το γιαούρτι καταναλώνεται κυρίως στην Ευρώπη, την Άπω Ανατολή και την Ωκεανία σε ποσοστό 80% της παγκόσμιας κατανάλωσης. Η Γερμανία καταλαμβάνει την πρώτη θέση ως προς την παραγωγή και την κατανάλωση γιαουρτιού, ακολουθούμενη από την Γαλλία και την Ισπανία. Το Ελληνικό γιαούρτι αποτελεί εδώ και χρόνια παγκόσμια διατροφική τάση. Το 2020, η Ελλάδα εξήγαγε 136 εκατομμύρια ευρώ προϊόντων γιαουρτιού σε χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης και 68 εκατομμύρια σε τρίτες Χώρες (ΕΛΣΤΑΤ, 2020). Βρίσκεται στην δέκατη θέση όσον αφορά τη παραγωγή ζυμωμένων προϊόντων γάλακτος, με 226.350 χιλιάδες τόνους. Συγκρίνοντας τα στοιχεία αυτά με του 2009, στα οποία η Ελλάδα ήταν στην Πέμπτη θέση, φαίνεται ότι η παραγωγή ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων εμφανίζει καθοδική τάση (Γκίτση, 2021).

Γιαούρτι και Χαρακτηριστικά

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, γιαούρτι είναι “το προϊόν, το οποίο προκύπτει μετά από πήξη αποκλειστικά και μόνο του νωπού γάλακτος της αντίστοιχης προς την ονομασία φύσης και προέλευσης, με την επίδραση καλλιέργειας ζύμης, η οποία προκαλεί ειδική γι αυτό ζύμωση. Το γιαούρτι πρέπει να περιέχει λίπος και στερεό υπόλειμμα χωρίς λίπος (ΣΥΑΛ) σε ανώτερο ποσοστό κατά 10 τουλάχιστον από τα όρια που καθορίζονται στο άρθρο 80 των αντίστοιχων ειδών γάλακτος, από τα οποία παρασκευάστηκε αυτό”. Ένα ζυμωμένο γαλακτοκομικό προϊόν μπορεί να χαρακτηριστεί γιαούρτι όταν πληροί κάποιες προϋποθέσεις. Αρχικά, θα πρέπει να είναι συμπαγές, χωρίς να είναι πορώδες και η επιφάνεια της μάζας του να έχει αλαβάστρινη όψη, εξαιρουμένου του υμένα. Θα πρέπει να καλύπτεται πάντα από αδιάβροχο χαρτί ή είδη που επιτρέπονται μέσα στα δοχεία πώλησής του. Στην περίπτωση που γίνει αντιληπτό ίζημα, ελέγχεται μικροσκοπικά για την ύπαρξη ξένων ουσιών και καθίσταται αποτρεπτική η πώληση του. Απαγορεύεται η πώληση του γιαουρτιού που η ζύμωση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δεν είναι κατάλληλα για το είδος του καθώς και η κατασκευή του από διατηρημένο γάλα, με εξαίρεση το αποστειρωμένο και το κατεψυγμένο. Τέλος, δεν επιτρέπεται η κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει χρωστικές ή κάποιου είδους χρωματισμό, συντηρητικές ουσίες και ζάχαρη (Κ.Τ.Π., 2003).

Τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα γιαούρτι σύμφωνα με τον FAO/WHO, (1997a) είναι το χαμηλό pH (περίπου 4,50-4,70), η υψηλή οξύτητα (90-100 OD ή 0,7-1,2% γαλακτικού οξέος), η χαρακτηριστική γεύση και οσμή οφειλόμενα στη δράση οξυγαλακτικών βακτηρίων, η παρουσία πληθυσμού ζωντανών βακτηριακών κυττάρων άνω των $10^7/g$ και η ύπαρξη πήγματος. Η οξυγαλακτική ζύμωση και κατά συνέπεια η πήξη του γάλακτος αποτελούν τις βασικές διεργασίες για την παραγωγή γιαουρτιού. Συγκεκριμένα, η γλυκόζη ή η λακτόζη, σάκχαρα του γάλακτος, μετατρέπονται σε γαλακτικό οξύ με τη βοήθεια της λακτάσης. Η υψηλή θερμοκρασία ζύμωσης δίνει τη δυνατότητα στα οξυγαλακτικά βακτήρια να αναπτυχθούν. Η παραγωγή γαλακτικού οξέος μειώνει το pH και το γάλα αρχίζει να πήζει μόλις φτάσει την τιμή 4,6 (Marshall & Tamime, 1997). Κατά την πήξη, οι καζεΐνες, οι οποίες βρίσκονται στο γάλα με τη μορφή σφαιρικών κολλοειδών μικκυλίων, αποτελούνται από τις αs1- καζεΐνη, αs2- καζεΐνη, κ-καζεΐνη, β-καζεΐνη. Τα σφαιρικά μικκύλια σταθεροποιούνται από την κ-καζεΐνη, η οποία με το υδροφοβικό N-τερματικό τμήμα της, αντιδρά με τις υπόλοιπες καζεΐνες και σταθεροποιεί τα μικκύλια. Συνεπώς, όταν αποσταθεροποιούνται τα μικκύλια της καζεΐνης και συσσωματώνονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες της κολλοειδούς διασποράς, δημιουργούν ένα πήκτωμα που παγιδεύει όλα τα διαλυτά συστατικά στο γάλα. Η συσσωμάτωση αυτή, οδηγεί στην πήξη του γάλακτος (Park & Haenlein, 2013).

Η διάρκεια ζωής ενός γιαουρτιού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως αναφέρει η Ελληνική Νομοθεσία (Κ.Π.Τ., 2003). Η θερμοκρασία συντήρησης, το είδος, η αρχική τιμή του pH, οι πιθανές επιμολύνσεις, η μέθοδος παραγωγής και το είδος συσκευασίας είναι κάποιοι από αυτούς. Ένας ενδεικτικός χρόνος συντήρησης του είναι οι δεκαπέντε μέρες σε 0-2°C θερμοκρασία συντήρησης. Μετά το πέρας αυτού του χρονικού διαστήματος, χαρακτηρίζεται ως ακατάλληλο για βρώση, λόγω των μυκήτων που επηρεάζουν την εμφάνιση του, των γαλακτικών βακτηρίων που προκαλούν υπεροξίνιση και της μείωσης του ορού του.

1.2.2. Τύποι Γιαουρτιού

Το γιαούρτι, όπως προαναφέρθηκε, είναι ένα γαλακτοκομικό προϊόν που εμφανίζεται με διαφορές στην υφή (υγρό, λείο), στην περιεκτικότητα σε λιπαρά (πλήρες, χαμηλής, ημιπλήρες) και στην γεύση (φρούτα, εκχυλίσματα, δημητριακά) (Fazilah et al., 2018). Επιπλέον, το γιαούρτι μπορεί να διαφέρει ως προς το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται για να παρασκευαστεί. Τα γιαούρτια από αγελαδινό γάλα, περιέχουν 80% καζεΐνες και 20% πρωτεΐνες ορού γάλακτος (Ruprichoná et al., 2021). Οι πρωτεΐνες του ορού, σε αντίθεση με τις καζεΐνες, μπορούν να συνδεθούν με είδη ενδογενών και εξωγενών παραγόντων (πολυφαινόλες) και με την έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία (>65°C) να μετουσιωθούν και να πήξουν (Xiao et al., 2011). Επιπρόσθετα, το γιαούρτι από αιγοπρόβειο ή βουβαλίσιο γάλα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι πιο κρεμώδες από εκείνα που παρασκευάζονται από γάλα με μικρή περιεκτικότητα σε λιπαρά (Sfakianakis & Tzia, 2014). Το πρόβειο γιαούρτι παρουσιάζει πιο κοκκώδες μορφή και υφή λόγω της υψηλότερης οξύτητας και περιεκτικότητας σε ασβέστιο σε σύγκριση με τα άλλα γιαούρτια. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση του κατσικίσιου γιαουρτιού λόγω της καλύτερης πεπτικής ικανότητας από άτομα με δυσανεξία στη λακτόζη καθώς και της χαμηλής αλλεργιογένεσης. Τέλος, το γιαούρτι από βουβαλίσιο γάλα έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, λίπος, ασβέστιο, φώσφορο και ολικά στερεά, παρέχοντας μοναδική υφή και ιδιότητες λόγω του υψηλού ιξώδους, το οποίο αυξάνει την σκληρότητα της γέλης και μειώνει την παραγωγή ορού γάλακτος (Bilgin & Kartan, 2016).

Ανεξάρτητα από αυτές τις διαφορές, το γιαούρτι μπορεί να διαχωριστεί σε κατηγορίες ανάλογα με την διαδικασία παραγωγής του. Ενδεικτικά παραθέτονται παρακάτω κάποια είδη.

- Παραδοσιακό γιαούρτι με επιδερμίδα, το οποίο παρασκευάζεται με βρασμό του γάλακτος 90-95°C για 15 λεπτά, διαμοιρασμό του σε κυψέλες και παραμονή του μέχρι τη δημιουργία επιδερμίδας, ψύξη μέχρι τους 45°C, εμβολιασμός με

μαγιά¹ (1-3%) κάτω από την επιδερμίδα, επώαση μέχρι να φτάσει το pH στο 4,6 και τέλος ψύχεται (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009).

- Στραγγισμένο γιαούρτι, που παρασκευάζεται έπειτα από αποστράγγιση μέρους του νερού του πλήρες γάλακτος. Θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 8% περιεκτικότητα λίπους, με εξαίρεση το αγελαδινό στραγγισμένο γιαούρτι που το ποσοστό πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον στο 5%. Στο 23-25% θα πρέπει να κυμαίνεται το ποσοστό των ολικών στερεών (Κ.Π.Τ., 2003)
- Βιομηχανικό γιαούρτι, το οποίο διακρίνεται σε στερεάς δομής (set) και αναδευόμενο (stirred). Το γιαούρτι στερεάς δομής παρασκευάζεται με ομογενοποίηση, παρεμποδίζοντας το σχηματισμό υμενίου λιποσφαιρίων (επιδερμίδα) στην επιφάνεια και επωάζεται μέσα στην συσκευασία του σε ερμητικώς κλειστά κύπελλα. Αντιθέτως, το αναδευόμενο γιαούρτι, πρώτα επωάζεται στις δεξαμενές με ταυτόχρονη ανάδευση και στη συνέχεια ψύχεται και συσκευάζεται (Tamime & Robinson, 2007).
- Γιαούρτι με προβιοτικά βακτήρια, τα οποία είναι ευεργετικά για τη λειτουργία του εντέρου και την υγεία του ανθρώπου. Περιέχουν επαρκή αριθμό βιώσιμων κυττάρων βακτηρίων από τουλάχιστον 10^6 έως 10^7 CFU/mL τη στιγμή της κατανάλωσης και κάποια από τα στελέχη που χρησιμοποιούνται είναι: *Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactococcus diacetylactis* (Sohail et al., 2013).
- Κατεψυγμένο γιαούρτι είναι το αναδευόμενο γιαούρτι που υφίσταται ταχεία κατάψυξη στους -18 έως -26°C για να μπορεί συντηρηθεί έως και δώδεκα μήνες. Περιέχει ολικά στερεά σε ποσοστό τουλάχιστον 13-14%. Επηρεάζεται η εμφάνισή του αλλά όχι η οξυγαλακτική μικροχλωρίδα του (Chandan και O'Rell, 2006).
- Επιδόρπιο γιαουρτιού, σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία (Κ.Τ.Π.) είναι "το προϊόν έτοιμο προς βρώση που παρασκευάζεται από μια ή περισσότερες κατηγορίες γάλακτος που προβλέπονται από το άρθρο 80 του Κ.Τ.Π (2003), προϊόντα γάλακτος ή και συστατικό γάλακτος (πρωτεΐνη γάλακτος, λακτόζη) ή και μαγιά γιαουρτιού και στις δυο περιπτώσεις τα παραπάνω προϊόντα

¹ Μαγιά είναι η καλλιέργεια του γιαουρτιού που παρασκευάζεται στην προηγούμενη μέρα και καθορίζεται ως καλλιέργεια εκκίνησης.

γάλακτος ή το γάλα σε αναλογία 75% τουλάχιστον κατά βάρος του τελικού προϊόντος, αναγόμενο σε νωπό γάλα, οξυγαλακτικές καλλιέργειες (π.χ. *Lactobacillus* πλέον αυτών των *Lactobacillus bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*), σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες (σακχαρόζη ή άλλο σάκχαρο), φυσικές αρωματικές ουσίες όπως φρούτα (νωπά, αφυδατωμένα κλπ), χυμοί φρούτων, κακάο σκόνη (λιποπεριεκτικότητας 10% τουλάχιστον σε βούτυρο κακάο,) σοκολάτα ή εκχύλισμα καφέ με ή χωρίς καφεΐνη και άλλες φυσικές ουσίες που δίνουν γεύση και άρωμα".

1.2.3 Γιαούρτι και Υγεία

Τα προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση προσφέρουν διάφορα οφέλη στη διατροφική και φυσιολογική λειτουργία του ανθρώπου. Η διατροφική επίδραση αναφέρεται στην χρήση των τροφίμων ως μέσα μεταφοράς θρεπτικών συστατικών. Για παράδειγμα, το γάλα θα πρέπει να παστεριωθεί πριν χρησιμοποιηθεί για να γίνει γιαούρτι. Κατά την παστερίωση όμως, μειώνονται οι βιταμίνες, οι φυτικές ίνες, τα μέταλλα, τα απαραίτητα λιπαρά οξέα και τα αμινοξέα. Έτσι, επηρεάζεται η διατροφική αξία ενός προϊόντος (Bell et al., 2017). Από την άλλη, η φυσιολογική λειτουργία σχετίζεται με την χρήση των ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων, στην προφύλαξη και στη θεραπεία από ασθένειες (Marco et al., 2017). Αυτές οι δύο ομάδες περιγράφουν τα λειτουργικά τρόφιμα.

Λειτουργικά ονομάζονται τα τρόφιμα που «μπορούν να επηρεάσουν θετικά μία ή περισσότερες στοχευόμενες λειτουργίες του σώματος, πέρα από την πλήρωση των θρεπτικών αναγκών, με τρόπο που έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της υγείας του οργανισμού ή/και τη μείωση του κινδύνου ασθένειας» (Stanton et al., 2005). Το γιαούρτι θεωρείται ένα από τα πιο θρεπτικά γαλακτοκομικά προϊόντα, καθώς είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, ασβέστιο, ριβοφλαμίνη, βιταμίνη B6 και βιταμίνη B12 (Ashraf & Shah, 2011) και ιδιαίτερα όταν περιέχει προβιοτικά, πρεβιοτικά και συμβιωτικά, αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή λειτουργικά τρόφιμα.

Η κατανάλωση γιαουρτιού έχει θετική επίδραση στην υγεία του εντέρου, στην αυξημένη βιοπροσβασιμότητα των λιπιδίων και των πρωτεϊνών, στη μειωμένη αλλεργία σε τρόφιμα και στην ενίσχυση παραγωγής βιταμινών των ομάδων Β και Κ, λιπαρών οξέων με μικρή αλυσίδα, πολυαμινών και ω-3 ακόρεστων λιπαρών οξέων (Fazilah et al., 2018). Επιπλέον, μπορεί να μειώσει τον μεταβολισμό της γλυκόζης, τον μυϊκό πόνο που προκαλείται από οξεία άσκηση υγιών ανδρών (Fazilah et al., 2018), τα συμπτώματα του ευερέθιστου εντέρου, της διάρροιας, της χοληστερόλης στο αίμα και της πίεσης σε υπερτασικά άτομα (Marco et al., 2017). Μελέτες αναφέρουν ότι η κατανάλωση ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων βοηθάει στη μείωση του κινδύνου για διαβήτη τύπου 2 (Eussen et al., 2016), για καρδιαγγειακές νόσους, για καρκίνο του παχέους εντέρου (Davoodi et al., 2013), για λοιμώδεις ασθένειες του εντέρου, για οστεοπόρωση (Marco et al., 2017) και για θνησιμότητα, όταν αυτά καταναλώνονται συστηματικά (Tapsell, 2015). Τέλος, δίαιτα γιαουρτιού ωφελεί τη διαχείριση του βάρους του σώματος. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι η υψηλή κατανάλωση γιαουρτιού (7 μερίδων την εβδομάδα) σε σύγκριση με την χαμηλή (1-2 μερίδες την εβδομάδα), μπορεί να συσχετιστεί με μείωση της εμφάνιση παχυσαρκίας (Martinez-Gonzalez et al., 2014). Η συστηματική κατανάλωση γιαουρτιού για χρόνια (4 χρόνων και περισσότερων) συμβάλει στην μείωση της αύξησης του σωματικού βάρους (Marco et al., 2017).

1.2.4 Καινοτομίες στο Γιαούρτι

Στις μέρες μας, προκειμένου να αυξηθεί η διατροφική αξία του γιαουρτιού, προστίθενται φρούτα, όπως μαρμελάδες από υπερτροφές, ή ουσίες που προέρχονται από φυτά, με σκοπό να ωφελήσουν την υγεία του ανθρώπου. Οι ουσίες αυτές αποτελούν τις βιοδραστικές ενώσεις και είναι βιολογικά ενεργές, φυσικές χημικές ενώσεις, οι οποίες περιέχουν φαινολικές ουσίες (φλαβονοειδή, φαινολικά) καροτενοειδή, φυτοστερόλες, φυτοστανόλες, οργανόθειο και μη αφομοιώσιμες ενώσεις υδατανθράκων (Saxena et al., 2013). Τα οφέλη των βιοδραστικών ενώσεων υπόκεινται στην αντιοξειδωτική τους δράση, που αναστέλλει την οξειδωση των

μορίων που προκαλούνται από τις ελεύθερες ρίζες. Συνεπώς, συμβάλουν σημαντικά στη διάρκεια ζωής των γαλακτοκομικών προϊόντων που τα περιέχουν καθώς και στη προστασία του ανθρώπινου οργανισμού από οξειδωτικές βλάβες κατά την κατανάλωσή τους (Alenisan et al., 2017). Οι βιοδραστικές ενώσεις μπορούν να βελτιώσουν τα ποιοτικά και οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά καθώς και τις θρεπτικές και θεραπευτικές του ιδιότητες. Επιπρόσθετα, μελέτες έχουν δείξει ότι συμβάλουν στην απολύμανση από μυκοτοξινογόνους μύκητες και από μυκοτοξίνες στο γιαούρτι. Στις περιπτώσεις όπου η βιοδραστική ουσία που χρησιμοποιείται εμφανίζει μεγάλη συγκέντρωση πολυφαινόλων, έρευνες έδειξαν ότι προάγει την υγεία, μειώνει την κόπωση των μυών και αυξάνει την ροή του περιφερειακού αίματος (Granato et al., 2018). Το μόνο σίγουρο είναι ότι ο συνδυασμός βιοενεργών ενώσεων με το γιαούρτι είναι πολλά υποσχόμενος και κεντρίζει καθημερινά το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για τη δημιουργία πιο ωφέλιμων γαλακτοκομικών προϊόντων για τον καταναλωτή.

Σκοπός

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των διαφορετικών συγκεντρώσεων εκχυλισμάτων γκουαρανά στη ζύμωση του γάλακτος και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τελικών δειγμάτων γιαουρτιού, εμπλουτισμένο με τα ωφέλημα για την υγεία χαρακτηριστικά του γκουαρανά. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η επίδραση υδατικών εκχυλισμάτων γκουαρανά στην δημιουργία γιαουρτιού μετά από ζύμωση από οξυγαλακτικά βακτήρια, αλλά και μελετήθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων όπως pH, οξύτητα, χρώμα, συναίρεση, ικανότητα συγκράτησης νερού, σκληρότητα και μικροδομή.

2° ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Υλικά

- Σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος
- Εμπορικό βιολογικό γκουαρανά σε σκόνη
- Εμπορικό σκεύασμα καλλιέργειας που περιέχει τα οξυγαλακτικά βακτήρια *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*.
- 0,1N NaOH
- Φαινολοφθαλεΐνη

2.2 Μέθοδοι

2.2.1 Παρασκευή Εκχυλισμάτων Γκουαρανά

Παρασκευάστηκαν εκχυλίσματα γκουαρανά όπως περιγράφεται από τους (Zhang et al., 2019). Σκόνη γκουαρανά εκχυλίστηκε σε αποσταγμένο νερό στους 100°C για 1 ώρα. Στη συνέχεια το μείγμα ψύχθηκε μέχρι τους 40°C και φυγοκεντρήθηκε στα 11.800 × g για 20 λεπτά στους 24°C. Το υπερκείμενο διηθήθηκε και συμπυκνώθηκε.

2.2.2 Παρασκευή Γιαουρτιού

Σύμφωνα με τη μέθοδο των (Pan et al., 2019) πραγματοποιήθηκε η παρασκευή των γιαουρτιού. Το εκχύλισμα γκουαράνι ομογενοποιήθηκε με αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη και αποσταγμένο νερό, δημιουργώντας μείγματα γάλακτος με συγκεντρώσεις γκουαράνι 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w. Έπειτα πραγματοποιήθηκε παστερίωση στους 90°C για 15 λεπτά και ψύξη μέχρι η θερμοκρασία να πέσει στους 40°C. Στη συνέχεια, προστέθηκε η καλλιέργεια εκκίνησης και μοιράστηκε σε κυλινδρικούς πλαστικούς περιέκτες με 30g ο καθένας. Επωάστηκαν στους 40°C μέχρι το pH των μειγμάτων να φτάσει στο 4.6. Στη συνέχεια, σταμάτησε η διαδικασία ζύμωσης, ψύχοντας τα μείγματα στους 4°C για τις περαιτέρω αναλύσεις τους. Συνολικά παρασκευάστηκαν έξι ανεξάρτητες πειραματικές ομάδες πηγμάτων γάλακτος (τύπου γιαουρτιού).

2.2.3 Προσδιορισμός της Κινητικής

Κατά τη διάρκεια επώασης του γιαουρτιού μετρήθηκε το pH σε τακτά χρονικά διαστήματα σε κάθε δείγμα μέχρι η τιμή να φτάσει 4,6. Με τα δεδομένα που συλλέχτηκαν κατά τη ζύμωση, υπολογίστηκε ο μέγιστος ρυθμός οξίνισης (V_{max}) ως η χρονική διακύμανση του pH (dpH/dt) και εκφράστηκε σε 10^{-3} μονάδες pH/min. Επιπλέον, υπολογίστηκαν οι παρακάτω κινητικές παράμετροι κατά τη διάρκεια της περιόδου επώασης: (i) $t_{V_{max}}$ (h), χρόνος στον οποίο επιτεύχθηκε το V_{max} (ii) $pH_{V_{max}}$, η τιμή του pH όταν το γιαούρτι βρίσκεται στον μέγιστο ρυθμό οξίνισης, (iii) $t_{pH4,6}$ (h), ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει το pH 4,6 (δηλαδή, για να ολοκληρωθεί η ζύμωση) (Casarotti et al., 2014). Οι μετρήσεις του pH της κινητικής κάθε πειραματικής ομάδας δειγμάτων γιαουρτιού πραγματοποιήθηκε 4 φορές.

2.2.4 Προσδιορισμός Οξύτητας

Με σκοπό την εκτίμηση της οξύτητας των δειγμάτων γιαουρτιού, αναδεύτηκαν 25g γιαουρτιού με 25mL αποσταγμένου νερού και τιτλοδοτήθηκαν με διάλυμα NaOH 0,1N. Ως δείκτης χρησιμοποιήθηκε διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης.

Τα αποτελέσματα δόθηκαν σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{Total acidity} = [(V \times \text{NaOH factor} \times A \times D) / \text{volume of sample}] \times 100$$

Όπου V ο όγκος του NaOH που προστέθηκε (mL), A ο συντελεστής μετατροπής (0,009 για το γαλακτικό οξύ), D ο συντελεστής αραίωσης (Nguyen & Hwang, 2016).

2.2.5 Προσδιορισμός Συναίρεσης και Συγκράτησης Νερού

Η συναίρεση και η συγκράτηση νερού (WHC) αξιολογήθηκαν με βάση τους Bakry, Chen και Liang (2019). Συγκεκριμένα, 10g γιαουρτιού υποβλήθηκαν σε φυγοκέντρηση 20 λεπτών στα $5000 \times g$ στους 4°C . Έπειτα, τα υπερκείμενα (ορός γάλακτος) και τα ιζήματα ζυγίστηκαν. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μετά από μία μέρα σε όλα τα δείγματα και επαναλήφθηκαν 3 φορές για κάθε πειραματική ομάδα πηγμάτων γάλακτος. Η συναίρεση και η συγκράτηση του νερού υπολογίστηκαν από τους παρακάτω τύπους (Bakry et al., 2019).

$$\text{Συναίρεση (\%)} = (\text{βάρους του υπερκείμενου (g)} / \text{βάρους του γιαουρτιού (g)}) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Συγκράτηση νερού (\%)} = (\text{βάρους του ιζήματος (g)} / \text{βάρους του γιαουρτιού (g)}) \times 100 \quad (2)$$

2.2.6 Προσδιορισμός Χρώματος

Η μέτρηση χρώματος πραγματοποιήθηκε σε επίπεδη επιφάνεια 60g δείγματος πηγμάτων γάλακτος σύμφωνα με το σύστημα της επιτροπής International de L'Eclairage (CIE) $L^*a^*b^*$ (CIE, 1976). Συγκεκριμένα, το L^* ή φωτεινότητα αντιπροσωπεύει το σκοτάδι στο φως σε κλίμακα από 0 έως 100. Το a^* ή ερυθρότητα

αντιστοιχεί στο πράσινο έως το κόκκινο σε κλίμακα από -60 έως +60. Το b^* ή κιτρίνισμα αντιπροσωπεύει το μπλε έως το κίτρινο σε κλίμακα από -60 έως +60 (CIE, 1976).

Τρεις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις διαφορετικών σημείων λήφθηκαν από κάθε επιφάνεια γιαουρτιού. Ο προσδιορισμός του χρώματος πραγματοποιήθηκε μετά από μία μέρα σε όλα τα δείγματα. Χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο Hunter Lab Mini Scan XE Plus με φωτισμό D65 ως σημείο αναφοράς, έπειτα από βαθμονόμηση του χρωματόμετρου με λευκή πλάκα.

Όλα τα δείγματα μετρήθηκαν μία μέρα μετά την παρασκευή τους και η μέτρηση της οξύτητας επαναλήφθηκε 3 φορές για κάθε πειραματική ομάδα πηγμάτων γάλακτος.

2.2.7 Προσδιορισμός Δομής

Η δομή μετρήθηκε χρησιμοποιώντας αναλυτή δομής (Admet Texture Analyzer eXpert 5601, AdMEt, Inc., USA) και κυλινδρικό καθετήρα διαμέτρου 20mm. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ως ανάλυση του προφίλ της δομής (TPA) με 75% συμπίεση και με ρυθμό 100 mm/min. Οι μετρήσεις έγιναν στους 4°C και επαναλήφθηκαν 3 φορές για κάθε πειραματική ομάδα γιαουρτιών.

2.2.8 Προσδιορισμός Μικροδομής

Η παρατήρηση της μικροδομής πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ανάστροφο οπτικό μικροσκόπιο ZEISS Primovert με φακό μεγέθυνσης 40x. Μια σταγόνα από τα εμπλουτισμένα γιαούρτια με εκχυλίσμα γκουαρανά, μεταφέρθηκε σε αντικειμενοφόρο πλάκα και επωάστηκε στους 40°C μέχρι το pH να φτάσει στο 4,6. Έπειτα αποθηκεύτηκε στους 4°C. Ο προσδιορισμός της μικροδομής έγινε μια μέρα μετά την παρασκευή των γιαουρτιών και με τριπλή επανάληψη (Qiu et al., 2021).

2.2.9 Στατιστική Ανάλυση

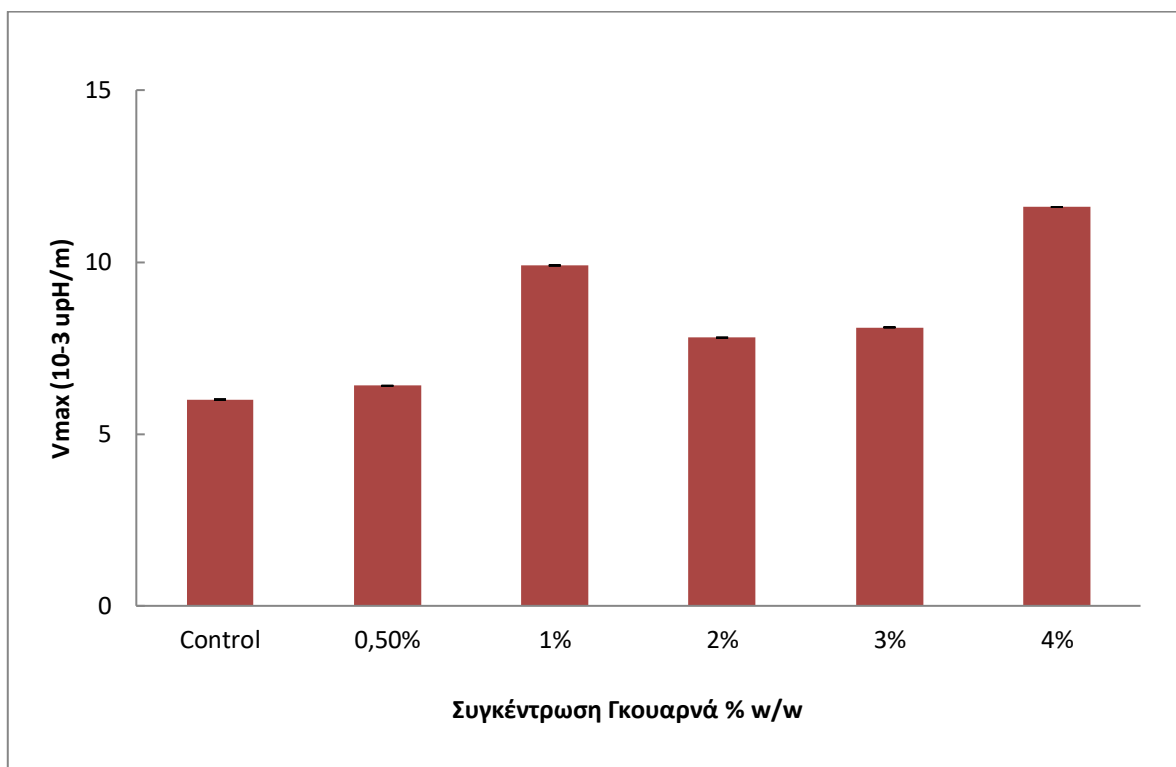
Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο IBM SPSS STATISTICS 26. Όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν χρησιμοποιώντας την μη παραμετρική διαδικασία της μονόδρομης ανάλυσης της διασποράς Kruskal–Wallis κατά βαθμίδες, με επίπεδο σημαντικότητας 5% με σημαντικά στατιστικές διαφορές όταν p -value, $p < 0,05$. Στις στατιστικές αναλύσεις οι μετρήσεις παραθέτονται ως μέσος όρος \pm τυπικό σφάλμα.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3. Αποτελέσματα – Συζήτηση

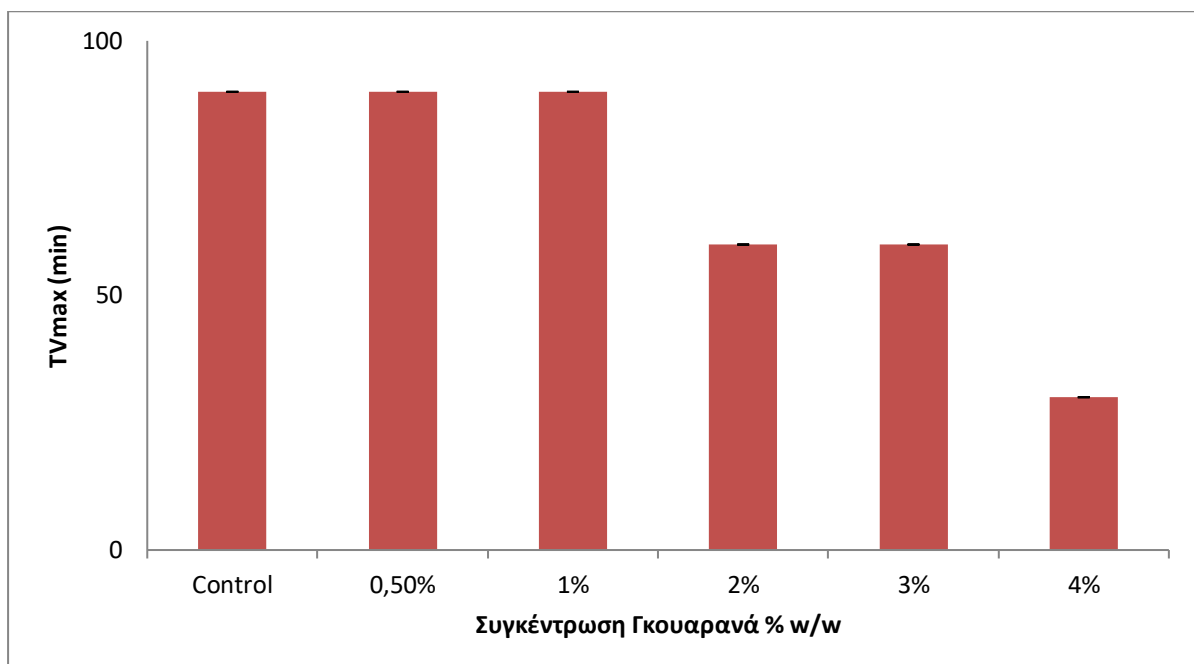
3.1 Μετρήσεις Κινητικής

Στην παρούσα ερευνητική διατριβή μελετήθηκε η κινητική της ζύμωσης του γάλακτος. Η κινητική αναφέρεται στην μεταβολή του pH των γιαουρτιών σε συνάρτηση με τον χρόνο. Στα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνονται τα αποτελέσματα των μεταβλητών της κινητικής της ζύμωσης του γάλακτος σε συνάρτηση με τις διαφορετικές συγκεντρώσεις γκουαρανά (0.5%,1%,2%,3%,4% w/w), καθώς και του control (0% w/w) γιαουρτιού χωρίς την προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά.



Διάγραμμα 1 : Μέτρηση του μέγιστου ρυθμού οξίνισης σε συνάρτηση με τα γιαούρτια (0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w).

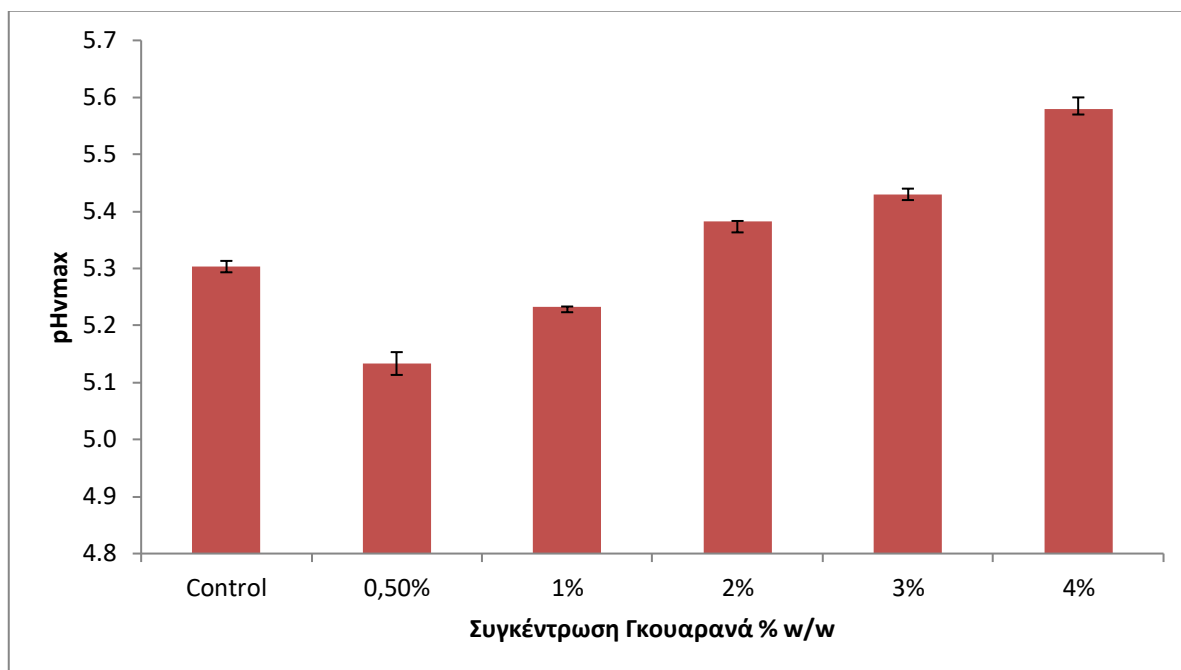
Οι τιμές του μέγιστου ρυθμού οξίνισης μεταξύ του control (0%w/w) και των διαφορετικών συγκεντρώσεων γκουαρανά (0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w) στα γιαούρτια που παρασκευάστηκαν αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 1, εμφανίζοντας κάποιες διαφορές. Παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή εμφανίζεται στο γιαούρτι με την προσθήκη 4% w/w γκουαρανά. Αντίθετα, το control έχει τη χαμηλότερη τιμή μέγιστου ρυθμού οξίνισης. Συγκρίνοντας τα γιαούρτια με την προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά μεταξύ τους, καθώς και με το control, στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) εμφανίζουν το γιαούρτι με την προσθήκη 4% w/w γκουαρανά με το control 0% w/w. Επιπλέον, στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν φαίνεται να υπάρχουν μεταξύ του γιαούρτιού 0,5% w/w με το 2% w/w και το 3% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά. Γενικά, αποτυπώνεται μια αυξητική τάση του μέγιστου ρυθμού οξίνισης, όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του γκουαρανά.



Διάγραμμα 1: Μέτρηση του χρόνου του μέγιστου ρυθμού οξίνισης σε συνάρτηση με τα γιαούρτια (0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w).

Στο Διάγραμμα 2 εμφανίζονται οι τιμές του χρόνου που χρειάζεται για να επιτευχθεί ο μέγιστος ρυθμός οξίνισης σε γιαούρτια με 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Παρατηρείται ότι την υψηλότερη τιμή την έχουν τα γιαούρτια με 0%, 0.5% και 1% w/w συγκέντρωση γκουαρανά έχοντας

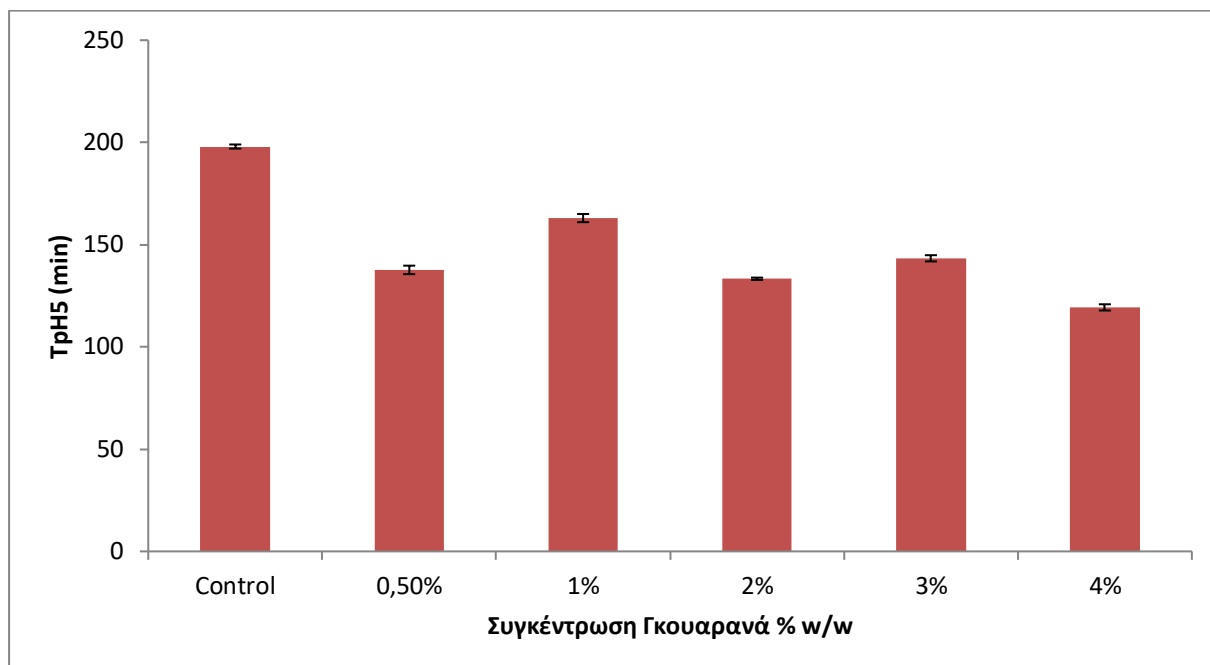
ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα. Η χαμηλότερη τιμή αποτυπώνεται στο γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 4%w/w. Σημαντικά στατιστικές διαφορές ($p<0.05$) έχει το γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 4% w/w, με τα γιαούρτια συγκεντρώσεων γκουαρανά 0%, 0.5% και 1% w/w. Φαίνεται ότι ο χρόνος ακολουθεί καθοδική πορεία όσο αυξάνεται η συγκέντρωση εκχυλίσματος γκουαρανά.



Διάγραμμα 3: Μέτρηση του pH των γιαουρτιών με διαφορετικές συγκεντρώσεις γκουαρανά (0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w) όταν βρίσκονται στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης.

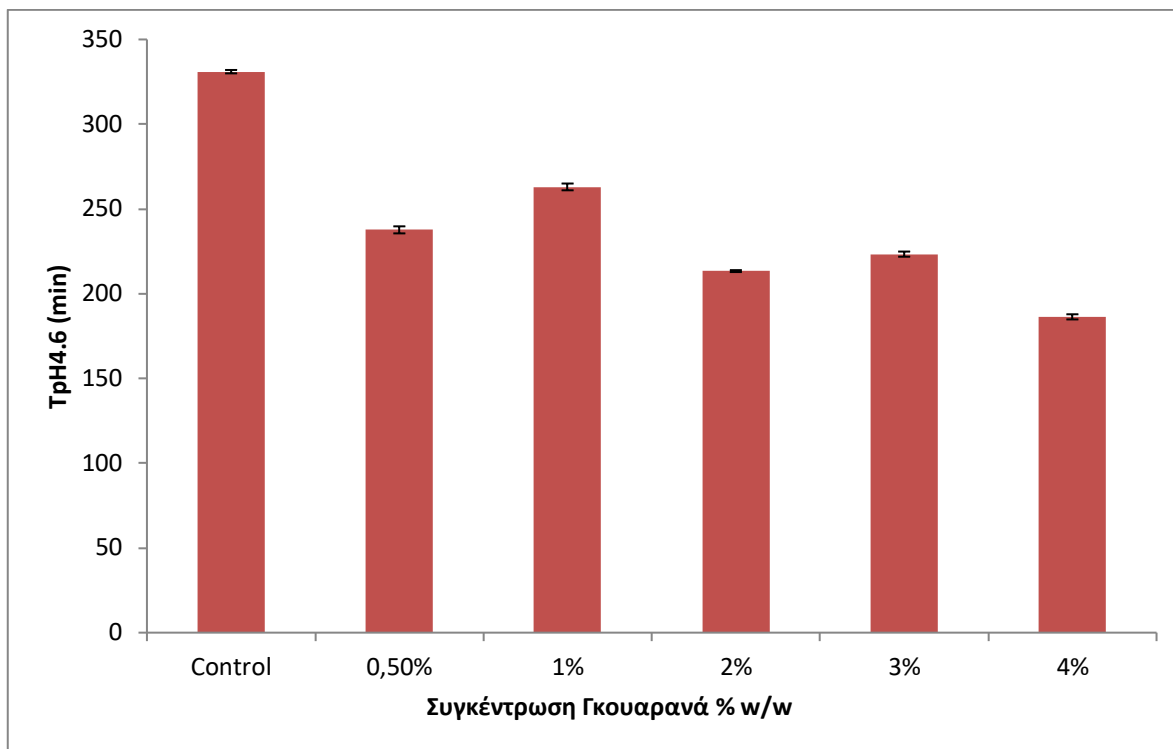
Στο παραπάνω Διάγραμμα 3 αποτυπώνονται οι τιμές pH των γιαουρτιών με την προσθήκη 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w εκχυλίσματος γκουαρανά και του control, όταν έχουν φτάσει στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης. Μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι η υψηλότερη τιμή pH εμφανίζεται στο γιαούρτι με 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά, ενώ η μικρότερη στο 0.5% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Σημαντικά στατιστικές διαφορές ($p<0,05$) εμφανίζει το control με το γιαούρτι 4% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά. Επιπλέον, το γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 0.5% w/w, συγκριτικά με το 2%, το 3% και το 4%, εμφανίζει σημαντικές διαφορές. Το pH στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης ακολουθεί ανοδική πορεία σταδιακά, με

εξαίρεση μια πτώση από το control στο γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 0.5% w/w, δηλαδή μόλις προστεθεί η μικρότερη ποσότητα συγκέντρωσης γκουαρανά.



Διάγραμμα 2: Μέτρηση της τιμής του pH όταν είναι ίση με 5, σε γιαούρτια με 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.

Στο Διάγραμμα 4 απεικονίζεται ο χρόνος που χρειάζονται τα γιαούρτια με την προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά συγκεντρώσεων 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w, για να έχουν pH ίσο με 5. Το pH του γιαουρτιού με 0% w/w συγκέντρωση γκουαρανά (control) χρειάστηκε περισσότερο χρόνο για να φτάσει στην τιμή 5, ενώ το γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 4% w/w έφτασε σε λιγότερο χρόνο. Σημαντικά στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$) εμφανίστηκαν μεταξύ των γιαουρτιών 0% w/w και του 4% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά. Αντίθετα δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ των γιαουρτιών 2% w/w και 3% w/w. Εμφανής και σε αυτή την περίπτωση είναι η πτώση του χρόνου του pH με την προσθήκη της μικτότερης συγκέντρωσης γκουαρανά (0,5% w/w). Γενικά, ο χρόνος που χρειάζονται τα γιαούρτια για να φτάσουν στο pH₅ μειώνεται με την ενσωμάτωση των εκχυλισμάτων γκουαρανά.



Διάγραμμα 3: Μέτρηση της τιμής του pH όταν είναι ίση με 4.6, σε γιαούρτια με 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.

Ο χρόνος που χρειάζονται τα γιαούρτια συγκεντρώσεων γκουαρανά 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w, για να αποκτήσουν pH ίσο με 4.6, εμφανίζεται στο Διάγραμμα 5. Όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα, βραδύτερα στην επιθυμητή τιμή pH έφτασε το γιαούρτι με 0% w/w συγκέντρωση γκουαρανά (control) με μεγάλη διαφορά από τα υπόλοιπα. Αντίθετα, ταχύτερα έφτασε το γιαούρτι με 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά, το οποίο εμφανίζει σημαντικές στατιστικές διαφορές με το control. Τα γιαούρτια με συγκέντρωση γκουαρανά 2%, 3% και 4% δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Τέλος, το γιαούρτι με 0,5% w/w συγκέντρωση γκουαρανά εμφανίζει στατιστικές διαφορές με το γιαούρτι 4% w/w. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν ότι με την μικρότερη προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά (0.5% w/w) στα γιαούρτια, μειώνεται απευθείας ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η ζύμωση, καθώς και όσο αυξάνεται η συγκέντρωση εκχυλίσματος γκουαρανά, τόσο μειώνεται και ο χρόνος του pH_{4.6}.

Η οξίνιση του γάλακτος είναι μια διαδικασία που συμβαίνει όταν μεταβάλλεται η δράση των μικκυλίων καζεΐνης καθώς μειώνεται το pH του γάλακτος. Η μείωση του pH διαχωρίζει τα μικκύλια από το κolloειδές φωσφορικό ασβέστιο. Έτσι,

εξουδετερώνεται το αρνητικό φορτίο των μικκυλίων καζεΐνης λόγω των ιόντων υδρογόνου H^+ που απελευθερώνονται κατά την οξίνιση, ενισχύοντας η έλξη και την συσσώρευση των πρωτεϊνών. Όταν υπάρχουν συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου και το pH ισούται με 5.2, τα μικκύλια καζεΐνης δημιουργούν ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς με τις μετουσιωμένες πρωτεΐνες του ορού γάλακτος. Στη συνέχεια, όσο προσεγγίζεται το ισοηλεκτρικό σημείο των μικκυλίων καζεΐνης, δηλαδή όσο το pH πλησιάζει το 4.6, προκαλείται πλήρη συσσωμάτωση των μικκυλίων. Τότε, επέρχεται η πήξη του γάλακτος (Lucey & Singh, 1997).

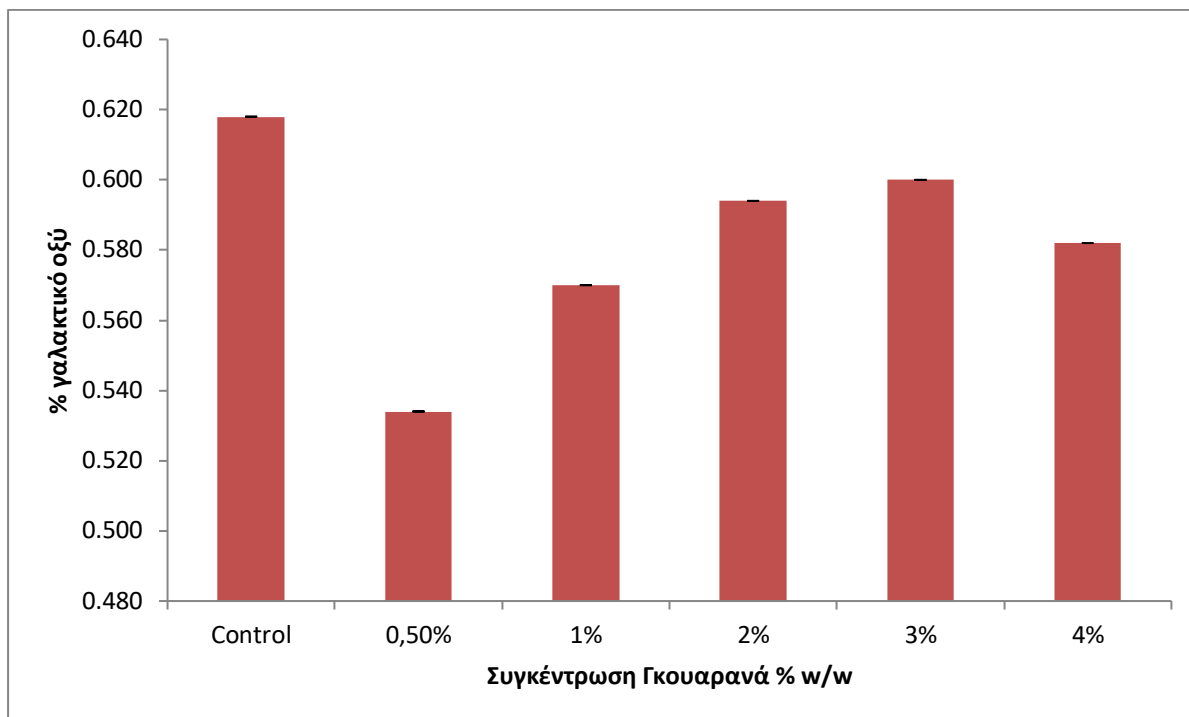
Ο ρυθμός οξίνισης αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την παρασκευή γιαουρτιών γιατί πρέπει να επιτευχθεί η ισορροπία μεταξύ της αντοχής του δικτύου των καζεϊνών με τον εμπορικά εφικτό χρόνο ζύμωσης. Στην παρούσα έρευνα παρατηρήθηκε ότι η τιμή του αρχικού pH των γιαουρτιών δεν επηρεάστηκε με την προσθήκη των διαφορετικών συγκεντρώσεων των εκχυλισμάτων. Η επίδραση των εκχυλισμάτων γκουαρανά στη ζύμωση του γάλακτος έδειξε ότι αύξησε το ρυθμό οξίνισης όσο αυξανόταν η συγκέντρωση του γκουαρανά όπως ακριβώς παρατηρήθηκε στο εκχύλισμα *Moringa* στη ζύμωση του γιαουρτιού (Zhang et al., 2019). Αυτό μπορεί να οφείλετε στο ότι το γκουαρανά περιέχει φυτικές ίνες, οι οποίες επιταχύνουν τον ρυθμό οξίνισης του γάλακτος κατά την παρασκευή γιαουρτιού (Puvanenthiran et al., 2014). Επιπλέον, η προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά δεν μείωσε μόνο τον χρόνο που χρειαζόταν το ζυμωμένο αποβουτυρωμένο γάλα για να φτάσει στο μέγιστο ρυθμό οξίνισης, αλλά και το χρόνο ζύμωσης. Η πλούσια φαινολική σύσταση του εκχυλίσματος με διαφορετικά είδη πολυφαινολών φαίνεται ότι αλληλεπιδρά με την καλλιέργεια εκκίνησης και γι αυτό το λόγο μειώνεται ο χρόνος. Συγκεκριμένα, όταν η συγκέντρωση των σακχάρων που υπάρχει στα πολυφαινολικά εκχυλίσματα είναι μικρότερη, η διαθέσιμη πηγή άνθρακα για την ανάπτυξη των βακτηρίων είναι εξίσου χαμηλή, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μικρότερος χρόνος τελικής ζύμωσης. Σε έρευνα, στην οποία μελετήθηκε η ζύμωση αποβουτυρωμένου γάλακτος με προσθήκη εκχυλισμάτων σταφυλιού, διατυπώθηκαν παρόμοια αποτελέσματα (Servili et al., 2011).

Επιπλέον, βρέθηκε ότι μειώθηκε ο χρόνος που χρειάζονται τα γιαούρτια για να φτάσουν στον μέγιστο ρυθμό οξίνισης ($T_{V_{max}}$). Μάλιστα, το γιαούρτι με 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά, έχοντας την υψηλότερη συγκέντρωση εκχυλίσματος γκουαρανά, χρειάστηκε 30 λεπτά για να φτάσει το μέγιστο ρυθμό οξίνισης. Η μείωση του χρόνου οξίνισης ($T_{V_{max}}$), προκλήθηκε πιθανώς εξαιτίας της παρουσίας ουσιών (οργανικά οξέα, φαινόλες) με ρυθμιστική ικανότητα (Kwon et al., 2019). Όσον αφορά τις μειωμένες τιμές του $pH_{V_{max}}$, μπορεί να προέκυψαν λόγω της μεταβολικής δραστηριότητας της καλλιέργειας των γιαουρτιών, οι οποίες παράγουν γαλακτικό οξύ ως αποτέλεσμα της ζύμωσης. Αντίθετα, το pH αυξάνεται εξαιτίας της κατανάλωσης λακτόζης από τους μικροοργανισμούς των γιαουρτιών για την παραγωγή οργανικών οξέων. Μόλις, δηλαδή, εξαντληθούν οι πηγές λακτόζης, οι μικροοργανισμοί αρχίζουν να καταναλώνουν τις πρωτεΐνες που υπάρχουν στο γιαούρτι και αυξάνουν το pH του (Izadi et al., 2015). Οι Mohammadi-Gouraji et al (2019) αναφέρουν παρόμοια αποτελέσματα σε γιαούρτια εμπλουτισμένα με φυκοκυανίνη (Mohammadi-Gouraji et al., 2019).

Επίσης, στα δείγματα γιαουρτιού που προστέθηκε το γκουαρανά, τα T_{pH_5} και $T_{pH_{4.6}}$ μειώθηκαν. Δηλαδή, ο χρόνος που χρειάστηκαν τα γιαούρτια, με εκχυλίσματα γκουαρανά, για να φτάσουν στο pH_5 και στην ολοκλήρωση της ζύμωσης ($T_{pH_{4.6}}$), μειώθηκε. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να υπόκεινται σε κάποια ενεργά συστατικά και σε μη εύπεπτους υδατάνθρακες του εκχυλίσματος γκουαρανά που προώθησαν την ανάπτυξη των βακτηρίων γαλακτικού οξέος. Όμοιες παρατηρήσεις καταγράφηκαν σε έρευνες με γιαούρτια εμπλουτισμένα με εκχύλισμα Moringa (Zhang et al., 2019), με εκχύλισμα *Pleurotus ostreatus* (Aida et al., 2009) και πράσινου τσαγιού (Jeong et al., 2018).

3.2 Μετρήσεις Τιτλοδοτούμενη Οξύτητας

Στην παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της τιτλοδοτούμενη οξύτητας εκφρασμένη σε % γαλακτικό οξύ και τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο παρακάτω Διάγραμμα 7.



Διάγραμμα 6: Μέτρηση του % γαλακτικού οξέος σε γιαούρτια με 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.

Οι τιμές του τις εκατό γαλακτικού οξέος των γιαουρτιών με 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w συγκεντρώσεις γκουαρανά, εμφανίζονται στο παραπάνω Διάγραμμα 6. Η υψηλότερη τιμή % γαλακτικού οξέος αποτυπώνεται στο γιαούρτι με 0% w/w συγκέντρωση γκουαρανά (control), ενώ η χαμηλότερη τιμή στο γιαούρτι με 0.5% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Το γιαούρτι με 0.5% w/w συγκέντρωση γκουαρανά σε σχέση με τις συγκεντρώσεις 0%, 2%, 3% w/w εμφανίζει σημαντικά στατιστικές διαφορές ($p < 0.05$). Επιπρόσθετα, διαφέρει ($p < 0.05$) το control με το γιαούρτι 1% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά. Γενικά, επικρατεί μια ανομοιομορφία στο διάγραμμα. Με την προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά μειώνεται αρκετά η τιμή του % γαλακτικού οξέος και σταδιακά αυξάνεται μέχρι τη 3% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Τέλος, παρατηρείται μια μικρή πτώση στην τιμή της 4% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά.

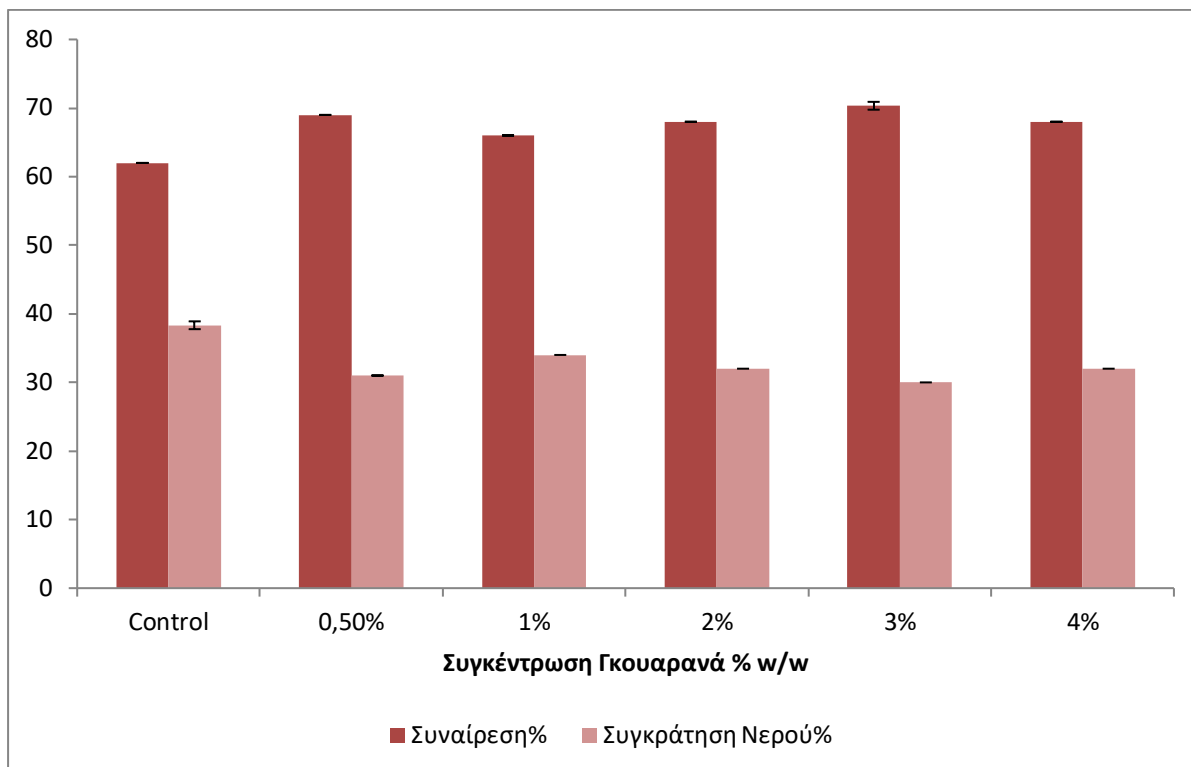
Η δραστηριότητα των βακτηρίων γαλακτικού οξέος κατά την αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία προκαλεί την παραγωγή γαλακτικού οξέος και έτσι αυξάνεται το % γαλακτικό οξύ καθώς και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Το ίδιο αναφέρεται σε έρευνα πάνω στον εμπλουτισμό γιαουρτιού με σκόνη λιναρόσπορου (Ardabilchi Marand et

al., 2020). Σε μελέτη της επίδρασης της προσθήκης εκχυλίσματος βρώσιμου τριαντάφυλλου σε γιαούρτια τύπου set αναφέρθηκαν μειωμένες τιμές της οξύτητα μαζί με αυξημένες τιμές του pH στα γιαούρτια με το εκχύλισμα σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην ενισχυμένη ρυθμιστική ικανότητα εξαιτίας της πρόσθετης πρωτεΐνης των εκχυλισμάτων βρώσιμου τριαντάφυλλου. Η παρουσίας πολυσακχαριτών από τα εκχυλίσματα γκουαρανά μπορεί να καθυστερήσει την παραγωγή γαλακτικού οξέος από τα οξυγαλακτικά βακτήρια. Ομοίως, μπορεί να αιτιολογηθεί η πτώση του %γαλακτικού οξέος από το control (0% w/w) στο γιαούρτι 0.5% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά (Qiu et al., 2021).

3.2 Μετρήσεις Συναίρεσης – Συγκράτησης Νερού

Η συναίρεση και η ικανότητα συγκράτησης νερού αποτελούν δυο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά των γιαουρτιών και στο Διάγραμμα 7 εμφανίζονται οι τιμές των αποτελεσμάτων τους.

Στο παραπάνω διάγραμμα περιγράφονται οι τιμές του % συναίρεσης και % ικανότητας συγκράτησης νερού σε γιαούρτια με 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w συγκεντρώσεις γκουαρανά. Η υψηλότερη τιμή της % συναίρεσης εμφανίζεται στο γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 3%w/w, ενώ την χαμηλότερη στο control (0% w/w). Διαφέρουν στατιστικά ($p < 0.05$) μεταξύ τους το control με το γιαούρτι 3% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Αντίθετα δεν διαφέρουν στατιστικά ($p < 0.05$) μεταξύ τους τα γιαούρτια με 1%, 2% και 4% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά. Επιπλέον, το γιαούρτι με συγκέντρωση 0.5% w/w έχει την χαμηλότερη τιμή % συγκράτησης νερού ενώ το control (0% w/w) την υψηλότερη. Σημαντικά στατιστική διαφορά εμφανίζει το control (0% w/w) με τα γιαούρτια 0.5%, 3%, 4% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά. Τα γιαούρτια 0.5%, 3% και 4% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Τέλος, ακριβώς ίδιες τιμές % συγκράτησης νερού έδειξαν τα γιαούρτια 2% και 3% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά.



Διάγραμμα 7: Μέτρηση του % συναίρεσης και συγκράτησης νερού σε γιαούρτια με 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.

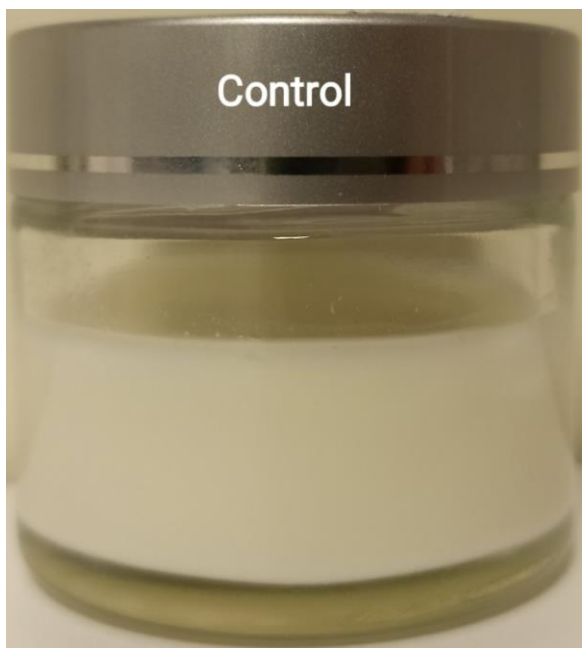
Η συναίρεση είναι η διαδικασία εξαγωγής υγρού από το δικτύου του γιαουρτιού, οδηγώντας το στην διαχωρισμό από τον ορού γάλακτος. Συμβαίνει κυρίως όταν το αποδυναμωμένο δίκτυο τζελ του γιαουρτιού δεν έχει την ικανότητα να εγκλωβίσει την υγρή φάση του ορού, με αποτέλεσμα το διαχωρισμό του ορού γάλακτος του γιαουρτιού (Ardabilchi Marand et al., 2020). Η συγκράτηση νερού αναφέρεται στην ποσότητα του νερού που έχει το δείγμα γιαουρτιού έπειτα από την εφαρμογή εξωτερικής δύναμης. Η συναίρεση και η συγκράτηση νερού αποτελούν δυο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά που χαρακτηρίζουν το γιαούρτι, διότι ο διαχωρισμός του ορού γάλακτος στην επιφάνεια του γιαουρτιού μπορεί να προκαλέσει αρνητικές εντυπώσεις στους καταναλωτές (Sah et al., 2016).

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής της συναίρεσης και μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού, σε γιαούρτια εμπλουτισμένα με εκχύλισμα γκουαρανά, σε σύγκριση με το control (0% w/w) δείγμα. Παρόμοια αποτελέσματα διαπιστώθηκαν σε έρευνα γιαουρτιών εμπλουτισμένα με σκόνη φλούδας ανανά (Sah et al., 2016). Το αποτέλεσμα συνέβη πιθανώς λόγω της

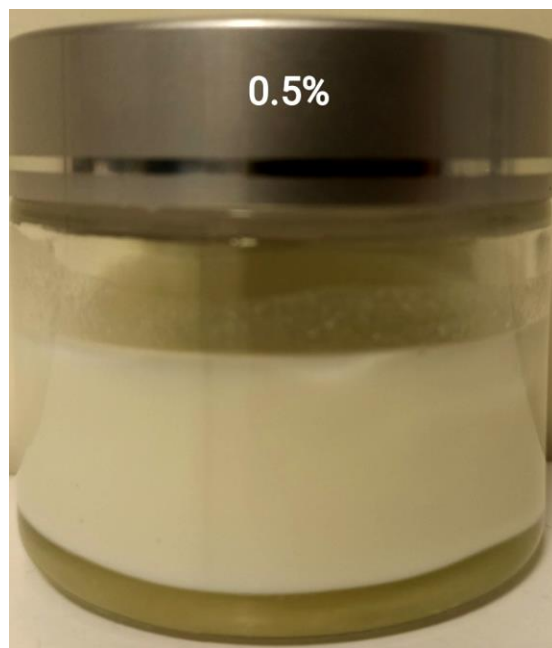
θερμοδυναμικής ασυμβατότητας μεταξύ του πολυσακχαρίτη του γκουαρανά (Pagliarussi et al., 2002) με τις πρωτεΐνες του γάλακτος. Επιπρόσθετα, εξαιτίας του μη ισορροπημένου οσμωτικού δυναμικού, έπειτα από εξάντληση των μικκυλίων καζεΐνης, παρουσία μη προσροφητικών πολυμερών (διαιτητικές ίνες), πραγματοποιήθηκε συστολή του δικτύου καζεΐνης καθώς και μεγαλύτερη αποβολή ορού γάλακτος (Grinberg & Tolstoguzov, 1997). Στις περισσότερες έρευνες αναφέρεται ότι η προσθήκη εκχυλίσματος βρώσιμου τριαντάφυλλου (Qiu et al., 2021), χουρμαδιών (Almusallam et al., 2021), Moringa (Zhang et al., 2019) σε γιαούρτια, μειώνει τις τιμές της συναίρεσης και αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού των γιαουρτιών (Kwon et al., 2019).

3.4 Μετρήσεις Χρώματος

Το χρώμα αποτελεί ένα από τα βασικά οπτικά χαρακτηριστικά των γαλακτοκομικών τροφίμων γιατί είναι το πρώτο που παρατηρεί ο καταναλωτής και μπορεί εύκολα να επηρεάσει την προτίμηση του. Οι χρωματικές διαφορές που μπορεί να προκύψουν, επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως την αποθήκευση και τη διάρκεια ζωής (Zare et al., 2011). Οι διαφορές των χρωμάτων μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων γκουαρανά στα γιαούρτια, είναι αντιληπτές με γυμνό μάτι και απεικονίζονται στις παρακάτω φωτογραφίες.



Εικόνα 1: Απεικόνιση γιαουρτιού με 0% w/w συγκέντρωση γκουαράνά σε γυάλινο σφραγιστό περιέκτη.



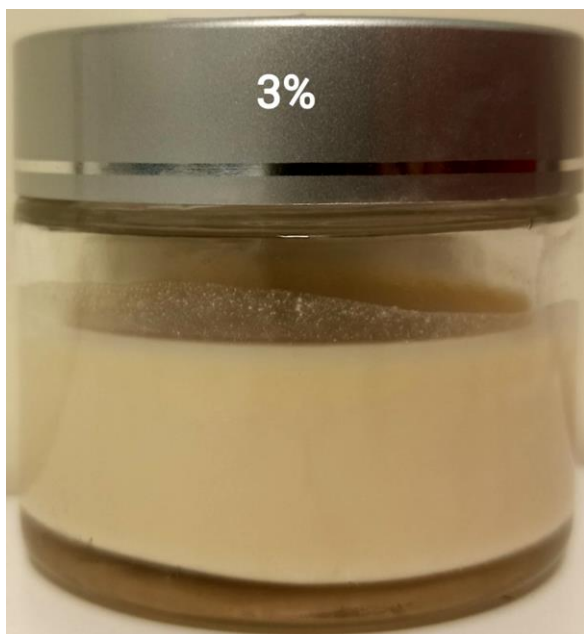
Εικόνα 2: Απεικόνιση γιαουρτιού με 0,5% w/w συγκέντρωση γκουαράνά σε γυάλινο σφραγιστό περιέκτη.



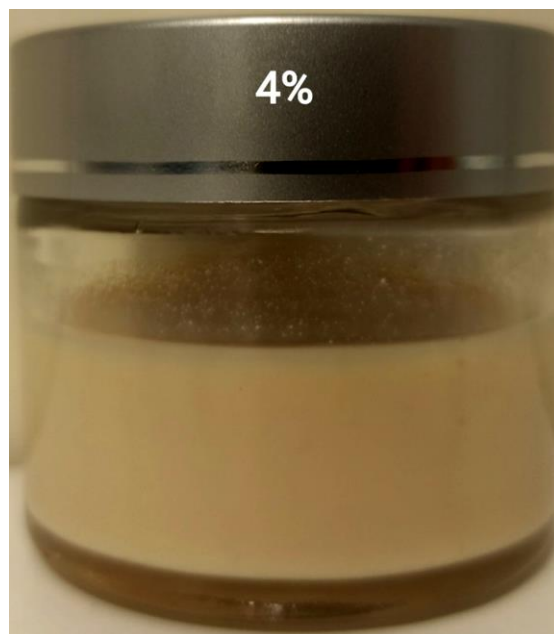
Εικόνα 3: Απεικόνιση γιαουρτιού με 1% w/w συγκέντρωση γκουαράνά σε γυάλινο σφραγιστό περιέκτη.



Εικόνα 4: Απεικόνιση γιαουρτιού με 2% w/w συγκέντρωση γκουαράνά σε γυάλινο σφραγιστό περιέκτη.

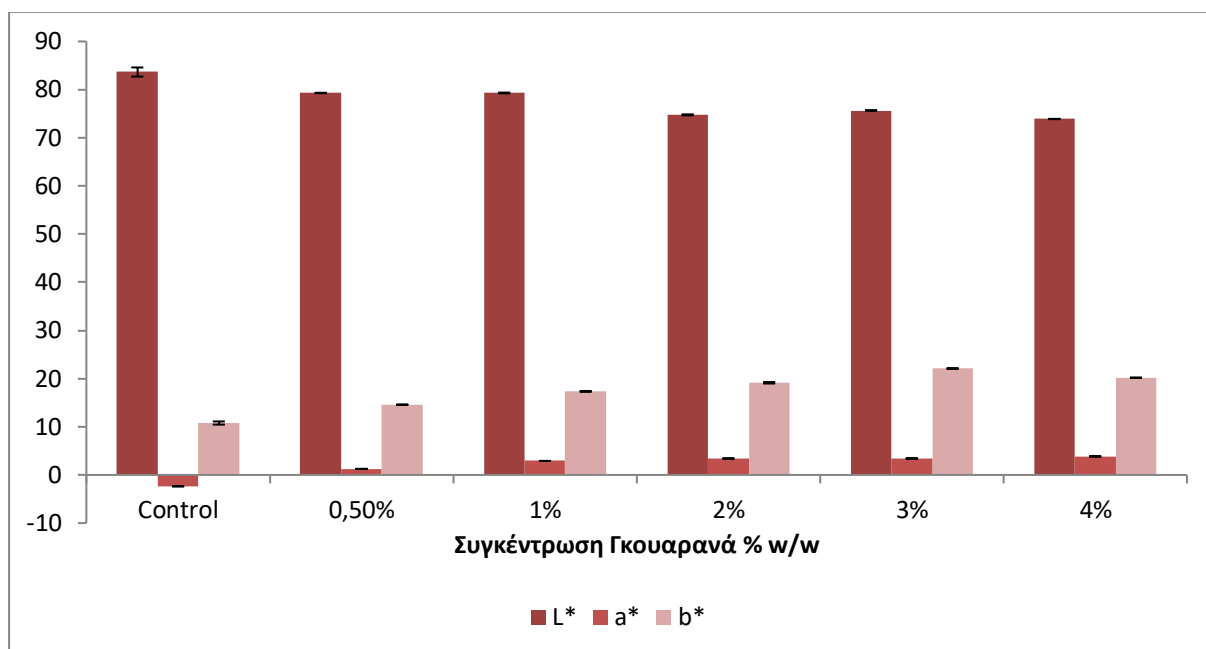


Εικόνα 5: Απεικόνιση γιαουρτιού με 3% w/w συγκέντρωση γκουαρανά σε γυάλινο σφραγιστό περιέκτη.



Εικόνα 6: Απεικόνιση γιαουρτιού με 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά σε γυάλινο σφραγιστό περιέκτη.

Στο παρακάτω Διάγραμμα 8 εμφανίζονται οι τιμές των αποτελεσμάτων του χρώματος σε γιαούρτι συγκεντρώσεων γκουαρανά 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w.



Διάγραμμα 8: Μέτρηση της φωτεινότητας (L*), των a* και b* μεταβλητών χρώματος σε γιαούρτι με 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.

Ξεκινώντας με την μεταβλητή L^* , που αντιπροσωπεύει την φωτεινότητα, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η συγκέντρωση γκουαρανά, τόσο μειώνεται η φωτεινότητα των γιαουρτιών. Υψηλότερη τιμή της φωτεινότητας εμφανίζεται στο γιαούρτι με 0% w/w συγκέντρωση γκουαρανά (control), ενώ χαμηλότερη στο γιαούρτι με 4% w/w συγκέντρωσης γκουαρανά. Σημαντικά στατιστικά ($p < 0.05$) διαφέρουν το γιαουρτιού 0% w/w (control) με το 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Αντίθετα τα γιαούρτια με συγκέντρωση γκουαρανά 2%, 3% και 4% δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) μεταξύ τους.

Παρατηρώντας την μεταβλητή a^* , που χαρακτηρίζει την ερυθρότητα των γιαουρτιών, φαίνεται ότι αυξάνεται η ερυθρότητα όσο αυξάνεται η συγκέντρωση γκουαρανά. Την μικρότερη τιμή ερυθρότητας και μάλιστα αρνητική, εμφανίζει το γιαούρτι 0% w/w (control), ενώ την μεγαλύτερη το γιαούρτι 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Οι διαφορές ($p < 0.05$) με βάση την ερυθρότητα μεταξύ των γιαουρτιών 0% w/w (control) με το 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Φαίνεται γενικά ότι με την προθήκη της μικρότερης συγκέντρωσης γκουαρανά (0.5% w/w), αρχίζει η αύξηση της ερυθρότητας με θετικές τιμές.

Τέλος, η μεταβλητή b^* , που αντιστοιχεί στο κιτρίνισμα εμφανίζει αυξητική τάση μέχρι το γιαούρτι συγκέντρωσης γκουαρανά 3% w/w. Την χαμηλότερη τιμή της μεταβλητής b εμφανίζει το control (0% w/w), ενώ την υψηλότερη το γιαούρτι που έχει 3% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Μεταξύ των γιαουρτιών, σημαντικά στατιστικές διαφορές ($p < 0.05$) με βάση το κιτρίνισμα εμφανίζει το 0% w/w (control) με το 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά. Επιπλέον, τα γιαούρτια με συγκέντρωση γκουαρανά 1%, 2% και 4% w/w δεν διαφέρουν ($p < 0.05$) μεταξύ τους.

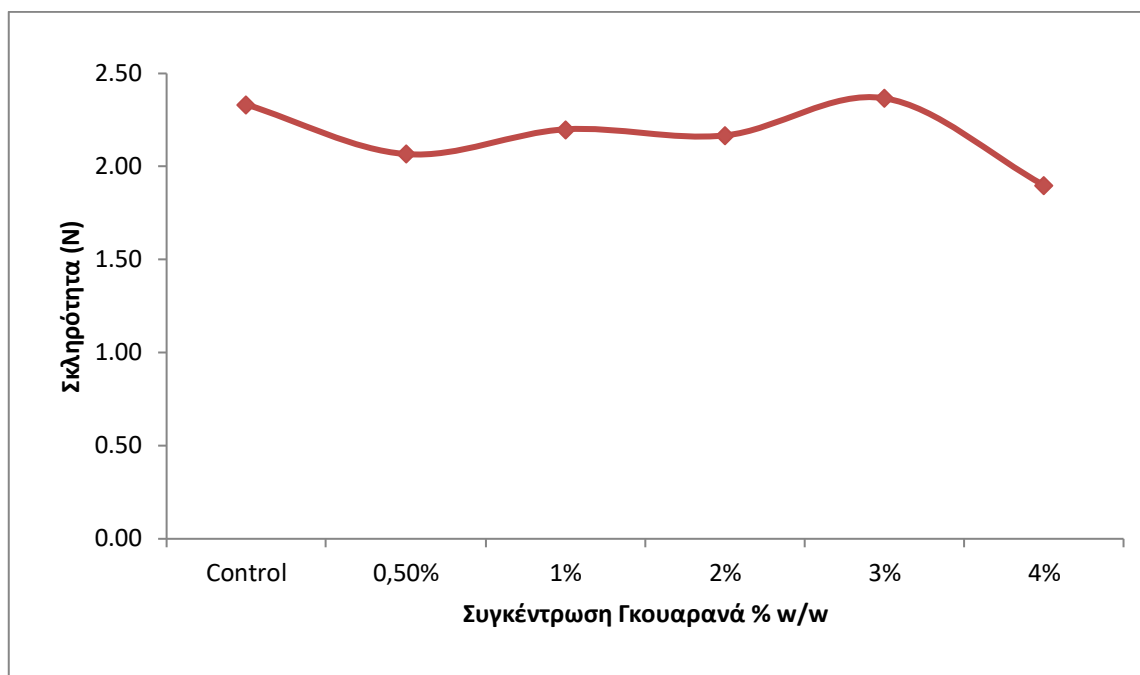
Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι η προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά σε γιαούρτια μείωσε τη φωτεινότητα (L^*) και αύξησε την ερυθρότητα (a^*) και το κιτρίνισμα (b^*). Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίστηκαν σε έρευνες με γιαούρτια τύπου ενισχυμένα με εκχύλισμα φύλλων argel (Mohamed Ahmed et al., 2021), με εκχύλισμα σπόρων chia (Kwon et al., 2019) και με υδατικό εκχύλισμα *Pleurotus ostreatus* (Pelaes Vital et al., 2015). Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποδοθούν στο χρώμα του εκχυλίσματος του γκουαρανά (καφέ) καθώς και στις χρωστικές ουσίες του. Συγκεκριμένα, η αύξηση της

τιμής του b^* και η μείωση του L^* στα γιαούρτια μπορεί να οφείλεται στο σχηματισμό καφέ πολυμερών, τα οποία προέκυψαν από την αποικοδόμηση των φαινολικών ουσιών. Επιπρόσθετα, η ανθοκυανίνες είναι χρωστικές ουσίες που περιέχονται στο γκουαρανά και εμφανίζουν ευρύ φάσμα χρωμάτων συσχετιζόμενο με το pH. Συνεπώς, η μεταβλητή a^* αυξήθηκε λόγω της μείωσης του pH, μετά την οξίνιση των γιαουρτιών από την προστιθέμενη καλλιέργεια (Lin et al., 2016).

3.5 Μετρήσεις Δομής

Η σκληρότητα των γιαουρτιών αποτελεί ένα σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό και αναφέρεται στην αντίσταση τους να επιτύχουν μια δεδομένη παραμόρφωση μέχρι να εφαρμοστεί κάποια εξωτερική δύναμη (Dar & Light, 2014).

Στο παρακάτω Διάγραμμα 9 περιγράφονται τα αποτελέσματα της σκληρότητας της δομής σε γιαούρτια με 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w συγκεντρώσεις γκουαρανά. Παρατηρείται ότι με την προσθήκη 0.5% w/w συγκέντρωση γκουαρανά μειώνεται η δύναμη παραμόρφωσης του γιαουρτιού σε σύγκριση με το control (0% w/w). Στη συνέχεια αυξάνεται η σκληρότητα μέχρι τη συγκέντρωση γκουαρανά 3% w/w. Τέλος, στη συγκέντρωση 4% w/w, η οποία αποτελεί η μικρότερη τιμή του διαγράμματος 9, μειώνεται η δύναμη παραμόρφωσης του γιαουρτιού. Οι υψηλότερες τιμές σκληρότητας εμφανίζονται στα γιαούρτια με συγκεντρώσεις 0% και 3% w/w γκουαρανά. Αυτά τα δύο δείγματα δεν εμφάνισαν σημαντικά στατιστικές διαφορές ($p < 0.05$). Επιπρόσθετα, σημαντικά στατιστικές διαφορές ($p < 0.05$) εμφανίζονται μεταξύ του γιαουρτιού 4% w/w με το control (0% w/w) και το γιαούρτι 3% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.



Διάγραμμα 9 Μέτρηση της σκληρότητας της δομής σε γιαούρτια με 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.

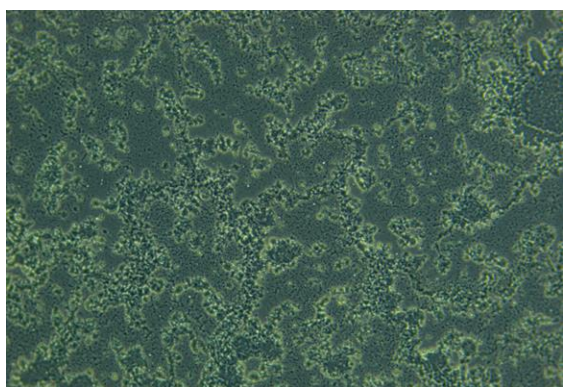
Γνωστό αποτελεί το γεγονός ότι οι ιδιότητες της υφής των γαλακτοκομικών προϊόντων που έχουν υποστεί ζύμωση, εξαρτώνται από τη διάταξη και το δίκτυο της μικροδομής της πρωτεΐνης. Με αυτόν τον τρόπο, το προφίλ υφής μπορεί να καθορίσει κατά πόσο τα γιαούρτια μπορούν να ανταποκριθούν καλύτερα στην ακαμψία και στη σταθερότητα του δικτύου του γαλακτώματος με επαρκή διασπορά των λειτουργικών ενώσεων (Mudgil et al., 2017).

Έρευνες αναφέρουν ότι η μείωση της περιεκτικότητας σε λίπος (αποβουτυρωμένη σκόνη γάλακτος) είναι πιθανό να δημιουργήσει μια εύθραυστη δομή λόγω του ασθενέστερου δικτύου του πρωτεϊνικού στα γιαούρτια (Ramchandran & Shah, 2009). Στην ίδια έρευνα, στην οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις δομής σε γιαούρτια εμπλουτισμένα με σκόνη φλούδας φρούτων του πάθους, τα αποβουτυρωμένα γιαούρτια σε σχέση με τους μάρτυρές τους, είχαν κατά μέσο όρο υψηλότερες τιμές σκληρότητας. Το ίδιο παρατηρείται και στην παρούσα μελέτη. Δηλαδή, όσο αυξάνεται η συγκέντρωση γκουαρανά, αυξάνεται και η δύναμη παραμόρφωσης της δομής των γιαουρτιών μέχρι τη συγκέντρωση γκουαρανά 3% w/w (Domagała, 2009). Στα γιαούρτια με συγκέντρωση γκουαρανά 4% w/w

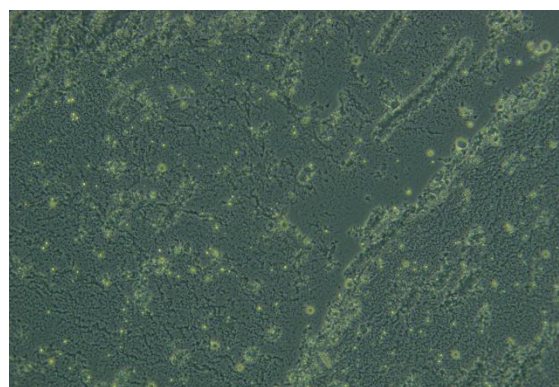
παρατηρείται μια πτώση στη σκληρότητα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο σχηματισμό μερικών αδύναμων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φαινολικών ενώσεων του εκχυλίσματος και της καζεΐνης των πρωτεϊνών, που οδηγούν στη μείωση της σκληρότητας του γιαουρτιού (Mudgil et al., 2017). Σύμφωνα με τους Damin et al (2008), η σκληρότητα είναι μεγαλύτερη σε γιαούρτια που χρειάζονται περισσότερο χρόνο ζύμωσης και το αντίστροφο (Damin et al., 2009). Γενικά, η δομή μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες όπως η καλλιέργεια, τα συνολικά στερεά, η περιεκτικότητα και ο τύπος της πρωτεΐνης, και η αλληλεπίδραση των συστατικών των γιαουρτιών μεταξύ τους, στοιχεία που εξηγούν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα (Damin et al., 2009).

3.6 Μικροδομή

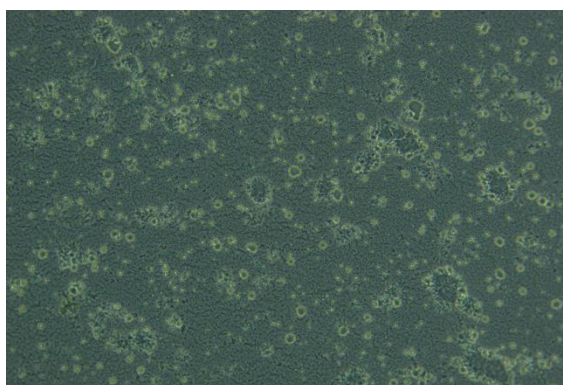
Στις παρακάτω φωτογραφίες καταγράφηκαν οι αλλαγές στη μικροδομή των γιαουρτιών εμπλουτισμένα με συγκεντρώσεις 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w εκχυλισμάτων γκουαρανά. Σκοπός της απεικόνισης της μικροδομής είναι η επεξήγηση των τροποποιήσεων των φυσικών και δομικών ιδιοτήτων των γιαουρτιών με την ενσωμάτωση του εκχυλίσματος γκουαρανά.



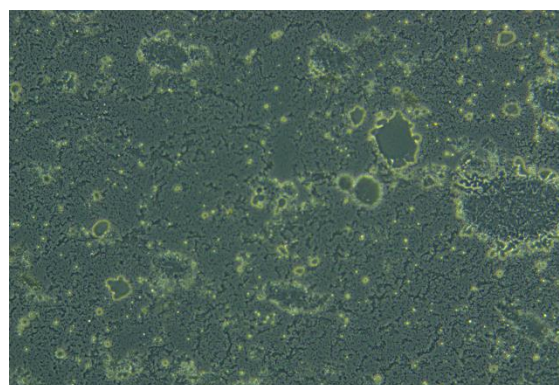
Εικόνα 7: Απεικόνιση της μικροδομής του γιαουρτιού με 0% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.



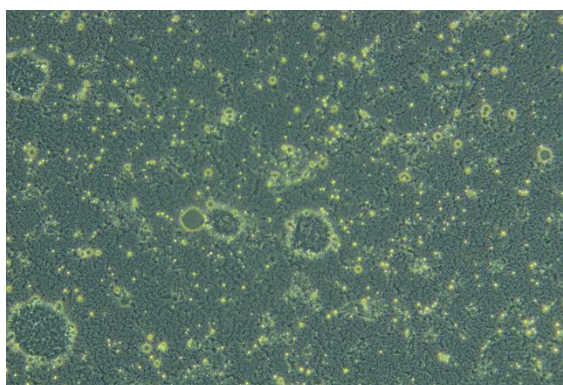
Εικόνα 8: Απεικόνιση της μικροδομής του γιαουρτιού με 0,5% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.



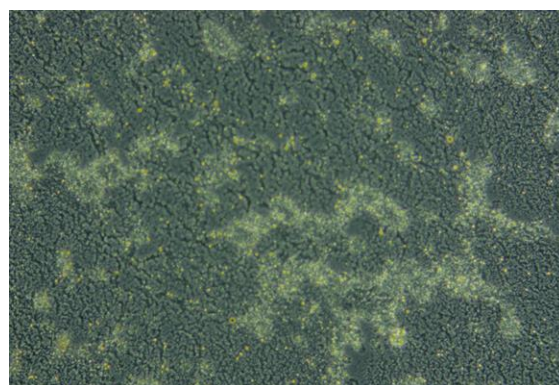
Εικόνα 9: Απεικόνιση της μικροδομής του γιαουρτιού με 1% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.



Εικόνα 10: Απεικόνιση της μικροδομής του γιαουρτιού με 2% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.



Εικόνα 11: Απεικόνιση της μικροδομής του γιαουρτιού με 3% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.



Εικόνα 12: Απεικόνιση της μικροδομής του γιαουρτιού με 4% w/w συγκέντρωση γκουαρανά.

Οι φωτογραφίες απεικονίζουν διαφορές στις δομές του τζελ τους γιαουρτιού ως προς τη συμπαγή μορφή του τρισδιάστατου δικτύου μικκυλίων καζεΐνης και το μέγεθος των πόρων. Συγκεκριμένα, το γιαούρτι με 0% συγκέντρωση γκουαρανά εμφάνισε ένα διακλαδισμένο πρωτεϊνικό δίκτυο με κενές περιοχές ακανόνιστου σχήματος, το οποίο μπορεί να οδήγησε σε αναδιάταξη και συστολή της πρωτεΐνης κατά την αποθήκευση. Με την προσθήκη 0.5% w/w εκχυλίσματος γκουαρανά, εξαφανίζεται το διακλαδισμένο δίκτυο και δημιουργούνται κάποιες γραμμικές δομές. Στη συνέχεια, όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του γκουαρανά παρατηρείται ο σχηματισμός κυκλικών δομών (οπές) μέχρι τη συγκέντρωση γκουαρανά 3% w/w. Στη φωτογραφία του γιαουρτιού με συγκέντρωση γκουαρανά 3% w/w απεικονίζεται ένα συμπαγές δίκτυο με πολλές οπές μικρού αλλά και μεγάλου μεγέθους. Το γιαούρτι με

συγκέντρωση γκουαρανά 4% w/w, εμφάνισε ένα κατεστραμμένο δίκτυο μικκυλίων καζεΐνης. Τα αποτελέσματα της μικροδομής φαίνεται να έχουν μια συσχέτιση με τα αποτελέσματα της σκληρότητας της δομής των γιαουρτιών. Δηλαδή, πιο ομοιογενής και συμπαγής δομή εμφάνισαν τα γιαούρτια με την υψηλότερη σκληρότητα της δομής και το αντίθετο (Matumoto-Pintro et al., 2011). Παρόμοια αποτελέσματα καταγράφηκαν σε γιαούρτια εμπλουτισμένα με σκόνη φλούδας ανανά (Sah et al., 2016), με εκχύλισμα βρώσιμου τριαντάφυλλου (Qiu et al., 2021) και με εκχύλισμα σπόρων *Moringa* (Ogusku Quintanilha et al., 2021).

Συμπεράσματα

Έχοντας διερευνήσει την επίδραση των εκχυλισμάτων γκουαρανά συγκεντρώσεων 0% (control), 0.5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w, στη δημιουργία γιαουρτιών αλλά και σε χαρακτηριστικά όπως pH, οξύτητα, χρώμα, συναίρεση, ικανότητα συγκράτησης νερού, σκληρότητα και μικροδομή, καταγράφονται τα εξής συμπεράσματα:

- Η προσθήκη εκχυλίσματος γκουαρανά μείωσε τον χρόνο που χρειάζεται το γιαούρτι για να φτάσει στον μέγιστο ρυθμό οξίνισης, καθώς και την ολοκλήρωση της ζύμωσης ($T_{pH_{4.6}}$).
- Η οξύτητα στο γιαούρτι 0% w/w (control) έδειξε παρόμοια τιμή με το γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 3% w/w.
- Η υψηλότερη τιμή της % συναίρεσης εμφανίζεται στο γιαούρτι με συγκέντρωση γκουαρανά 3%w/w, ενώ την χαμηλότερη στο control (0% w/w).
- Η συγκέντρωση 0.5% w/w έχει την χαμηλότερη τιμή της % συγκράτησης νερού ενώ το control (0% w/w) την υψηλότερη.
- Όσον αφορά το χρώμα, παρατηρήθηκε μείωση της φωτεινότητας (L^*), αύξηση της ερυθρότητας (a^*) και του κιτρινίσματος (b^*), όσο αυξάνεται η συγκέντρωση γκουαρανά.
- Οι υψηλότερες τιμές σκληρότητας εμφανίζονται στα γιαούρτια με συγκεντρώσεις 0% και 3% w/w γκουαρανά.
- Στη μελέτη της μικροδομής, τα γιαούρτια με συγκέντρωση γκουαρανά 0% και 3% w/w εμφάνισαν πιο συμπαγές δίκτυο μικκυλίων καζεΐνης αλλά η σύνδεση του δικτύου έχει γίνει με διαφορετικό τρόπο.

Τόσο από τη μελέτη της κινητική της ζύμωσης του γάλακτος με οξυγαλακτικά βακτήρια, όσο και από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων

συμπεραίνουμε ότι μπορούν να σχηματιστούν προϊόντα γιαουρτιού εμπλουτισμένα με εκχυλίσματα γκουαρανά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Adnadjevic, B., Koturevic, B., & Jovanovic, J. (2017). Comparative kinetic analysis of isothermal extraction of caffeine from guarana seed under conventional and microwave heating. *Chemical Engineering Research and Design*, 118, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2016.12.006>
- Aida, F. M. N. A., Shuhaimi, M., Yazid, M., & Maaruf, A. G. (2009). Mushroom as a potential source of prebiotics: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 20(11), 567–575. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.007>
- Alenisan, M. A., Alqattan, H. H., Tolbah, L. S., & Shori, A. B. (2017). Antioxidant properties of dairy products fortified with natural additives: A review. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 24, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2017.05.001>
- 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, 111762. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111762>
- Ardabilchi Marand, M., Amjadi, S., Ardabilchi Marand, M., Roufegarinejad, L., & Jafari, S. M. (2020). Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties. *Powder Technology*, 359, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.09.082>
- Ashraf, R., & Shah, N. P. (2011). Selective and differential enumerations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium* spp. In yoghurt—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 149(3), 194–208. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.008>

- Bakry, A. M., Chen, Y. Q., & Liang, L. (2019). Developing a mint yogurt enriched with omega-3 oil: Physiochemical, microbiological, rheological, and sensorial characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14287. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14287>
- Basile, A., Ferrara, L., Pezzo, M. D., Mele, G., Sorbo, S., Bassi, P., & Montesano, D. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from *Paullinia cupana* Mart. *Journal of Ethnopharmacology*, 102(1), 32–36. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.038>
- Bell, V., Ferrão, J., & Fernandes, T. (2017). Nutritional Guidelines and Fermented Food Frameworks. *Foods*, 6(8), 65. <https://doi.org/10.3390/foods6080065>
- Bilgin, B., & Kaptan, B. (2016). *A study on microbiological and physicochemical properties of homemade and small scale dairy plant buffalo milk yoghurts*. 8.
- Carla Cadoná, F., Kolinski Machado, A., Farina Azzolin, V., Barbisan, F., Bortoluzzi Dornelles, E., Glanzner, W., Bayard Gonçalves, P. D., Elias Assmann, C., Esteves Ribeiro, E., & Beatrice Mânica da Cruz, I. (2016). Guaraná a Caffeine-Rich Food Increases Oxaliplatin Sensitivity of Colorectal HT-29 Cells by Apoptosis Pathway Modulation. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry- Anti-Cancer Agents*, 16(8), 1055–1065.
- Carvalho, L. M. de, Costa, J. A. M. da, & Carnelossi, M. a. G. (2010). Qualidade em plantas medicinais. *Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20101884897>
- Casarotti, S. N., Monteiro, D. A., Moretti, M. M. S., & Penna, A. L. B. (2014). Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk. *Food Research International*, 59, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.068>
- CIE: Official recommendations on uniform color space,...* - Μελετητής Google. (n.d.). Retrieved 20 August 2021, from https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Recommendations%20on%20uniform%20color%20spaces-color%20difference%20equations&publication_year=1976&author=CIE
- 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>
- Dar, Y. L., & Light, J. M. (2014). *Food Texture Design and Optimization*. John Wiley & Sons.
- Davoodi, H., Esmaeili, S., & Mortazavian, A. m. (2013). Effects of Milk and Milk Products Consumption on Cancer: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 249–264. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12011>
- de Gois, J. S., Almeida, T. S., de Andrade, R. M., Toaldo, I. M., Bordignon-Luiz, M. T., & Borges, D. L. G. (2016). Direct solid analysis for the determination of Mn, Ni, Rb and Sr in powdered stimulant plants using high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry followed by chemometric classification based on elemental composition, polyphenol content and antioxidant activity. *Microchemical Journal*, 124, 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.08.020>
- Domagała, J. (2009). Instrumental Texture, Syneresis and Microstructure of Yoghurts Prepared from Goat, Cow and Sheep Milk. *International Journal of Food Properties*, 12(3), 605–615. <https://doi.org/10.1080/10942910801992934>
- Edwards, H. G. M., Farwell, D. W., Oliveira, L. F. C. de, Alia, J.-M., Hyaric, M. L., & Ameida, M. V. de. (2005). FT-Raman spectroscopic studies of guarana and some extracts. *Analytica Chimica Acta*, 532(2), 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.10.055>
- Eussen, S. J. P. M., Dongen, M. C. J. M. van, Wijckmans, N., Biggelaar, L. den, Elferink, S. J. W. H. O., Singh-Povel, C. M., Schram, M. T., Sep, S. J. S., Kallen, C. J. van der, Koster, A., Schaper, N., Henry, R. M. A., Stehouwer, C. D. A., & Dagnelie, P. C. (2016). Consumption of dairy foods in relation to impaired glucose metabolism and type 2 diabetes mellitus: The Maastricht Study. *British Journal of Nutrition*, 115(8), 1453–1461. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000313>
- Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M. (2018). Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the

- formulation of functional yogurt. *Journal of Functional Foods*, 48, 387–399. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.07.039>
- Granato, D., Santos, J. S., Salem, R. D., Mortazavian, A. M., Rocha, R. S., & Cruz, A. G. (2018). Effects of herbal extracts on quality traits of yogurts, cheeses, fermented milks, and ice creams: A technological perspective. *Current Opinion in Food Science*, 19, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.013>
- Grinberg, V. Ya., & Tolstoguzov, V. B. (1997). Thermodynamic incompatibility of proteins and polysaccharides in solutions. *Food Hydrocolloids*, 11(2), 145–158. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(97\)80022-7](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(97)80022-7)
- Hamerski, L., Somner, G. V., & Tamaio, N. (2013). *Paullinia cupana Kunth (Sapindaceae): A review of its ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology*. <https://doi.org/10.5897/JMPR2013.5067>
- Hertz, E., Cadoná, F. C., Machado, A. K., Azzolin, V., Holmrich, S., Assmann, C., Ledur, P., Ribeiro, E. E., de Souza Filho, O. C., Mânica-Cattani, M. F., & da Cruz, I. B. M. (2015). Effect of *Paullinia cupana* on MCF-7 breast cancer cell response to chemotherapeutic drugs. *Molecular and Clinical Oncology*, 3(1), 37–43. <https://doi.org/10.3892/mco.2014.438>
- Izadi, Z., Nasirpour, A., Garoosi, G. A., & Tamjidi, F. (2015). Rheological and physical properties of yogurt enriched with phytosterol during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 5341–5346. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1593-2>
- 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>
- Kober, H., Tatsch, E., Torbitz, V. D., Cargnin, L. P., Sangoi, M. B., Bochi, G. V., Silva, A. R. H. da, Barbisan, F., Ribeiro, E. E., Cruz, I. B. M. da, & Moresco, R. N. (2016). Genoprotective and hepatoprotective effects of Guarana (*Paullinia cupana* Mart. Var. *Sorbilis*) on CCl₄-induced liver damage in rats. *Drug and Chemical Toxicology*, 39(1), 48–52. <https://doi.org/10.3109/01480545.2015.1020546>

- Krewer, C. da C., Ribeiro, E. E., Ribeiro, E. A. M., Moresco, R. N., Rocha, M. I. de U. M. da, Montagner, G. F. F. dos S., Machado, M. M., Viegas, K., Brito, E., & Cruz, I. B. M. da. (2011). Habitual Intake of Guaraná and Metabolic Morbidities: An Epidemiological Study of an Elderly Amazonian Population. *Phytotherapy Research*, 25(9), 1367–1374. <https://doi.org/10.1002/ptr.3437>
- Kuri, C. M. B. (2008). The Guaraná Industry in Brazil. *International Business and Economics Research Journal*, 7, 87–98. Scopus.
- 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>
- Lin, Y., Lin, H., Lin, Y., Zhang, S., Chen, Y., & Jiang, X. (2016). The roles of metabolism of membrane lipids and phenolics in hydrogen peroxide-induced pericarp browning of harvested longan fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.030>
- Lucey, J. A., & Singh, H. (1997). Formation and physical properties of acid milk gels: A review. *Food Research International*, 30(7), 529–542. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00015-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00015-5)
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E. J., & Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010>
- Marques, L. L. M., Ferreira, E. D. F., de Paula, M. N., Klein, T., & de Mello, J. C. P. (2019). Paullinia cupana: A multipurpose plant — a review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(1), 77–110. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.08.007>
- Marshall, V. M. E., & Tamime, A. Y. (1997). Physiology and biochemistry of fermented milks. In B. A. Law (Ed.), *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk* (pp. 153–192). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1121-8_4
- Martinez-Gonzalez, M. A., Sayon-Orea, C., Ruiz-Canela, M., de la Fuente, C., Gea, A., & Bes-Rastrollo, M. (2014). Yogurt consumption, weight change and risk of overweight/obesity: The SUN cohort study. *Nutrition, Metabolism and*

- Cardiovascular Diseases*, 24(11), 1189–1196.
<https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.05.015>
- Matsuura, E., Godoy, J. S. R., Bonfim-Mendonça, P. de S., de Mello, J. C. P., Svidzinski, T. I. E., Gasparetto, A., & Maciel, S. M. (2015). In vitro effect of Paullinia cupana (guaraná) on hydrophobicity, biofilm formation, and adhesion of Candida albicans' to polystyrene, composites, and buccal epithelial cells. *Archives of Oral Biology*, 60(3), 471–478.
<https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2014.05.026>
- Matumoto-Pintro, P. T., Rabiey, L., Robitaille, G., & Britten, M. (2011). Use of modified whey protein in yoghurt formulations. *International Dairy Journal*, 21(1), 21–26. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.07.003>
- Mazzafera, P., Baumann, T. W., Shimizu, M. M., & Silvarolla, M. B. (2009). Decaf and the Steeplechase Towards Decaffito—The Coffee from Caffeine-Free Arabica Plants. *Tropical Plant Biology*, 2(2), 63–76.
<https://doi.org/10.1007/s12042-009-9032-7>
- 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, 110389. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110389>
- Mohammadi-Gouraji, E., Soleimanian-Zad, S., & Ghiaci, M. (2019). Phycocyanin-enriched yogurt and its antibacterial and physicochemical properties during 21 days of storage. *LWT*, 102, 230–236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.057>
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2017). Texture profile analysis of yogurt as influenced by partially hydrolyzed guar gum and process variables. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3810–3817.
<https://doi.org/10.1007/s13197-017-2779-1>
- Nguyen, L., & Hwang, E.-S. (2016). Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Yogurt Supplemented with Aronia (Aronia melanocarpa) Juice. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 330–337.
<https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.4.330>

- Nyska, A., Murphy, E., Foley, J. F., Collins, B. J., Petranka, J., Howden, R., Hanlon, P., & Dunnick, J. K. (2005). Acute Hemorrhagic Myocardial Necrosis and Sudden Death of Rats Exposed to a Combination of Ephedrine and Caffeine. *Toxicological Sciences*, *83*(2), 388–396. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi034>
- Ogusku Quintanilha, G. E., Alves Baptista, A. T., Gomes, R. G., & Salcedo Vieira, A. M. (2021). Yogurt production added ultrafiltered seed extract of *Moringa oleifera* Lam. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *37*, 102159. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102159>
- Oñatibia-Astibia, A., Franco, R., & Martínez-Pinilla, E. (2017). Health benefits of methylxanthines in neurodegenerative diseases. *Molecular Nutrition & Food Research*, *61*(6), 1600670. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600670>
- Pagliarussi, R. S., Freitas, L. A. P., & Bastos, J. K. (2002). A quantitative method for the analysis of xanthine alkaloids in *Paullinia cupana* (guarana) by capillary column gas chromatography. *Journal of Separation Science*, *25*(5–6), 371–374. [https://doi.org/10.1002/1615-9314\(20020401\)25:5/6<371::AID-JSSC371>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/1615-9314(20020401)25:5/6<371::AID-JSSC371>3.0.CO;2-9)
- Pan, L.-H., Liu, F., Luo, S.-Z., & Luo, J. (2019). Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. *LWT*, *115*, 108479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108479>
- Park, Y. W., & Haenlein, G. F. W. (2013). *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. John Wiley & Sons.
- Pelaes Vital, A. C., Goto, P. A., Hanai, L. N., Gomes-da-Costa, S. M., de Abreu Filho, B. A., Nakamura, C. V., & Matumoto-Pintro, P. T. (2015). Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. *LWT - Food Science and Technology*, *64*(2), 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.003>
- Peng, H., Su, Q., Lin, Z.-C., Zhu, X.-H., Peng, M.-S., & Lv, Z.-B. (2018). Potential suppressive effects of theophylline on human rectal cancer SW480 cells in vitro by inhibiting YKL-40 expression. *Oncology Letters*, *15*(5), 7403–7408. <https://doi.org/10.3892/ol.2018.8220>

- Portella, R. de L., Barcelos, R. P., da Rosa, E. J. F., Ribeiro, E. E., da Cruz, I. B. M., Suleiman, L., & Soares, F. A. A. (2013). Guaraná (*Paullinia cupana* Kunth) effects on LDL oxidation in elderly people: An in vitro and in vivo study. *Lipids in Health and Disease*, 12(1), 12. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-12-12>
- Puvanenthiran, A., Stevovitch-Rykner, C., McCann, T. H., & Day, L. (2014). Synergistic effect of milk solids and carrot cell wall particles on the rheology and texture of yoghurt gels. *Food Research International*, 62, 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.023>
- 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, 101249. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101249>
- Ramchandran, L., & Shah, N. P. (2009). Effect of exopolysaccharides on the proteolytic and angiotensin-I converting enzyme-inhibitory activities and textural and rheological properties of low-fat yogurt during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 895–906. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1796>
- Rangel, M. P., de Mello, J. C. P., & Audi, E. A. (2013). Evaluation of neurotransmitters involved in the anxiolytic and panicolytic effect of the aqueous fraction of *Paullinia cupana* (guaraná) in elevated T maze. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(2), 358–365. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013005000024>
- Roggia, I., Dalcin, A. J. F., Ourique, A. F., da Cruz, I. B. M., Ribeiro, E. E., Mitjans, M., Vinardell, M. P., & Gomes, P. (2020). Protective effect of guarana-loaded liposomes on hemolytic activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 187, 110636. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.110636>
- Ruchel, J. B., Braun, J. B. S., Adefegha, S. A., Guedes Manzoni, A., Abdalla, F. H., de Oliveira, J. S., Trelles, K., Signor, C., Lopes, S. T. A., da Silva, C. B., Castilhos, L. G., Rubin, M. A., & Leal, D. B. R. (2017). Guarana (*Paullinia cupana*) ameliorates memory impairment and modulates acetylcholinesterase activity in Poloxamer-407-induced hyperlipidemia in rat brain. *Physiology & Behavior*, 168, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.10.003>

- Ruprichová, L., Dračková, M., Borkovcová, I., & Vorlová, L. (2021). DETERMINATION OF PROTEINS IN YOGHURT. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021(vol. 10), 644–650.
- Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. N. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 978–986. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.027>
- Santana, Á. L., & Macedo, G. A. (2018). Health and technological aspects of methylxanthines and polyphenols from guarana: A review. *Journal of Functional Foods*, 47, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.048>
- Schimpl, F. C., da Silva, J. F., Gonçalves, J. F. de C., & Mazzafera, P. (2013). Guarana: Revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *Journal of Ethnopharmacology*, 150(1), 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.023>
- Schimpl, F. C., Kiyota, E., Mayer, J. L. S., Gonçalves, J. F. de C., da Silva, J. F., & Mazzafera, P. (2014). Molecular and biochemical characterization of caffeine synthase and purine alkaloid concentration in guarana fruit. *Phytochemistry*, 105, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.04.018>
- Sereshti, H., Samadi, S., & Jalali-Heravi, M. (2013). Determination of volatile components of green, black, oolong and white tea by optimized ultrasound-assisted extraction-dispersive liquid–liquid microextraction coupled with gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1280, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.01.029>
- Servili, M., Rizzello, C. G., Taticchi, A., Esposito, S., Urbani, S., Mazzacane, F., Di Maio, I., Selvaggini, R., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2011). Functional milk beverage fortified with phenolic compounds extracted from olive vegetation water, and fermented with functional lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 147(1), 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.03.006>
- 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. Scopus. <https://doi.org/10.3390/foods3010176>

- Silva, C. P., Sampaio, G. R., Freitas, R. A. M. S., & Torres, E. A. F. S. (2018). Polyphenols from guaraná after in vitro digestion: Evaluation of bioaccessibility and inhibition of activity of carbohydrate-hydrolyzing enzymes. *Food Chemistry*, 267, 405–409. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.078>
- Silva, W. G. da, Rovellini, P., Fusari, P., & Venturini, S. (2015). Guaraná - Paullinia cupana, (H.B.K): Estudo da oxidação das formas em pó e em bastões defumados. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 14(2), 117–123.
- Smith, N., & Atroch, A. L. (2007). Guarana's journey from regional tonic to aphrodisiac and global energy drink. *Evid Based Complement Alternat Med*, 7, 279–282. Scopus.
- Sohail, A., Turner, M. S., Coombes, A., & Bhandari, B. (2013). The Viability of Lactobacillus rhamnosus GG and Lactobacillus acidophilus NCFM Following Double Encapsulation in Alginate and Maltodextrin. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2763–2769. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0938-y>
- Sousa, S. A. de, Pascoa, H., Conceição, E. C. da, Alves, S. F., Diniz, D. G. A., Paula, J. R. de, & Bara, M. T. F. (2011). Dissolution test of herbal medicines containing Paullinia cupana: Validation of methods for quantification and assessment of dissolution. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 47(2), 269–277. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502011000200008>
- Stanton, C., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Sinderen, D. V. (2005). Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology*, 16(2), 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2005.02.008>
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology*. Elsevier.
- Tapsell, L. C. (2015). Fermented dairy food and CVD risk. *British Journal of Nutrition*, 113(S2), S131–S135. <https://doi.org/10.1017/S0007114514002359>
- Walker, T. H., Chaar, J. M., Mehr, C. B., & Collins, J. L. (2000). The Chemistry of Guaraná: Guaraná, Brazil's Super-Fruit for the Caffeinated Beverages Industry. In *Caffeinated Beverages* (Vol. 754, pp. 305–314). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2000-0754.ch031>

- Wang, L., Gong, L.-H., Chen, C.-J., Han, H.-B., & Li, H.-H. (2012). Column-chromatographic extraction and separation of polyphenols, caffeine and theanine from green tea. *Food Chemistry*, *131*(4), 1539–1545. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.129>
- Xiao, J., Mao, F., Yang, F., Zhao, Y., Zhang, C., & Yamamoto, K. (2011). Interaction of dietary polyphenols with bovine milk proteins: Molecular structure–affinity relationship and influencing bioactivity aspects. *Molecular Nutrition & Food Research*, *55*(11), 1637–1645. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100280>
- Yamaguti-Sasaki, E., Ito, L. A., Canteli, V. C. D., Ushirobira, T. M. A., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., Nakamura, C. V., & de Mello, J. C. P. (2007). Antioxidant capacity and in vitro prevention of dental plaque formation by extracts and condensed tannins of *Paullinia cupana*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *12*(8), 1950–1963. <https://doi.org/10.3390/12081950>
- Yonekura, L., Aguiar Martins, C., Rodrigues Sampaio, G., Piedade Monteiro, M., Machado César, L. A., Mahler Mito, B., Satsuki Mori, C., Nogueira Mendes, T. M., Lima Ribeiro, M., Paiva Arçari, D., & Silva Torres, E. A. F. da. (2016). Bioavailability of catechins from guaraná (*Paullinia cupana*) and its effect on antioxidant enzymes and other oxidative stress markers in healthy human subjects. *Food & Function*, *7*(7), 2970–2978. <https://doi.org/10.1039/C6FO00513F>
- Youdim, K. A., Shukitt-Hale, B., & Joseph, J. A. (2004). Flavonoids and the brain: Interactions at the blood–brain barrier and their physiological effects on the central nervous system. *Free Radical Biology and Medicine*, *37*(11), 1683–1693. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.08.002>
- Zare, F., Boye, J. I., Orsat, V., Champagne, C., & Simpson, B. K. (2011). Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, *44*(8), 2482–2488. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.002>
- Zeidán-Chuliá, F., Gelain, D. P., Kolling, E. A., Rybarczyk-Filho, J. L., Ambrosi, P., Resende Terra, S., Pires, A. S., da Rocha, J. B. T., Antônio Behr, G., & Fonseca Moreira, J. C. (2013). Major Components of Energy Drinks (Caffeine, Taurine, and Guarana) Exert Cytotoxic Effects on Human Neuronal SH-SY5Y

Cells by Decreasing Reactive Oxygen Species Production. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/791795>

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, 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.010>

CONAB (2017). Guaraná, Análise mensal, julho de 2017. Retrieved 02.11.2018, 2018, from <<http://www.conab.gov.br/>>.

Chandan R.H. and O'Rell K.R. (2006). Manufacture of various types of yoghurt. In Chandan R.H., White C.H., Kilara A., Hui Y.H. (Ed.) *Manufacturing Yoghurt and Fermented Milks*. Pp. 211-236. Blackwell Publishing, Ltd, Oxford, UK.

Saxena M., Saxena J., Nema R. , Singh D., Gupta A.. Phytochemistry of medicinal plants: *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1 (2013), pp. 168-182

FAO/WHO, 1977α. Code of principles concerning milk and milk products. Draft standard for yoghurt and sweetened yoghurt. (standard No A-11a, Step7)

Ελληνική Βιβλιογραφία

Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, 2009, Άρθρο 80

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης (2016). Μέρος Α΄: Τρόφιμα και Ποτά, Κεφάλαιο 1. Ελληνική Δημοκρατία. Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών. Γενικό Χημείο του Κράτους.

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης (2003). Μέρος Α΄: Τρόφιμα και Ποτά, Κεφάλαιο 1. Ελληνική Δημοκρατία. Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών. Γενικό Χημείο του Κράτους.

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) (2019). Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών (Ε.Ο.Π.). Πειραιάς.

Γκίτση Αλεξάνδρα (2021), Πώς η Ελλάδα χάνει τη μάχη και για το ελληνικό γιαούρτι. Επιχειρήσεις, Ανακτήθηκε 29/12/2021 από :

<https://www.capital.gr/epixeiriseis/3582840/pos-i-ellada-xanei-ti-maxi-kai-gia-to-elliniko-giaourti>

Καμιναρίδης Σ., Μοάτσου Γ. (2009). Βασικά Γαλακτοκομικά Προϊόντα. Γαλακτοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο.

