



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ανάπτυξη αρτοσκευάσματος (κέικ) με χρήση αλεύρου από λούπινο:
χρήση γαλακτώματος ως υποκατάστατο των λιπαρών υλών

Τζένια Ι. Νανούρη Λυσιμάχου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Μαντάλα Ιωάννα, Καθηγήτρια ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2023

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ανάπτυξη αρτοσκευάσματος (κέικ) με χρήση αλεύρου από λούπινο:
χρήση γαλακτώματος ως υποκατάστατο των λιπαρών υλών

“Development of a bakery product (cake) using lupin flour:
use of emulsion as a substitute for fat”

Τζένια Ι. Νανούρη Λυσιμάχου

Εξεταστική επιτροπή:

Μαντάλα Ιωάννα, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Στοφόρος Νικόλαος, Καθηγητής ΓΠΑ

Μπεμπέλη Πηνελόπη, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ανάπτυξη αρτοσκευάσματος (κέικ) με χρήση αλεύρου από λούπινο: χρήση γαλακτώματος ως υποκατάστατο των λιπαρών υλών

*ΠΜΣ Επιστήμη & Τεχνολογία Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου
Εργαστήριο Μηχανικής & Επεξεργασίας Τροφίμων*

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής μελέτης, έγινε χρήση του λούπινου υπό την μορφή αλεύρου ώστε να παρασκευαστούν κέικ με διαφορετικά ποσοστά υποκατάστασης του σίτου. Παράλληλα, μελετήθηκαν οι φυσικές ιδιότητες, όπως: ο ειδικός όγκος, η υφή, ο δείκτης όγκου, η υγρασία %, η απώλεια ψησίματος % και η ενεργότητα του νερού, που παρουσιάζει το κάθε κέικ, συγκριτικά με ένα πρότυπο κέικ από αλεύρι σίτου 100%. Ακολουθώντας, βάσει των πειραματικών δεδομένων που συλλέχθηκαν και της ανάλυσης αυτών, βρέθηκε ένα βέλτιστο ποσοστό μερικής υποκατάστασης του αλεύρου σίτου στο κέικ, από άλευρο λούπινου. Ακόμη, πραγματοποιήθηκε προσπάθεια βελτιστοποίησης του κέικ που ήταν πλήρως υποκατεστημένο από αλεύρι λούπινου, σύμφωνα με παράγοντες που παρουσίασαν ενδιαφέρον για μελέτη. Τέλος, σε αυτό το βελτιστοποιημένο κέικ, έγινε η δοκιμή υποκατάστασης της λιπαρής φάσης του κέικ, από γαλακτώματα τύπου Pickering, σε διαφορετικές περιεκτικότητες.

Επιστημονική περιοχή: Επιστήμη Τροφίμων

Λέξεις κλειδιά: Κέικ, Λούπινο, Υποκαταστάτης Λιπαρών Υλών, Υδροκolloειδή, Γαλακτώματα

Development of a bakery product (cake) using lupin flour: use of emulsion as a substitute for fats

*Msc Food Science & Technology
Department of Food Science & Human Nutrition
Laboratory of Food Process Engineering*

A B S T R A C T

Firstly, a literature review took place. Then, using standard methods (AACC) for the preparation of the cakes, the experimental design was started, regarding the recipe, the baking time and the measurements to be taken. In conducting the experimental study, lupin in the form of flour was used to prepare cakes with different percentages of wheat substitution. At the same time, the physical properties such as: specific volume, texture, volume index, moisture %, baking loss % and water activity of each cake were studied in comparison with a standard cake made from 100% wheat flour. Subsequently, based on the experimental data collected and the analysis of them, an optimum percentage of partial substitution of wheat flour in the cake by lupin flour was found. Furthermore, an attempt was made to optimize the cake that was fully substituted by lupin flour according to factors of interest for study. Finally, in this optimized cake, a test of substitution of the fatty phase of the cake by Pickering-type emulsions at different contents was carried out.

Scientific area: Food Science

Keywords: Cake, Lupin, Fat Substitute, Hydrocolloids, Emulsions

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλα τα άτομα που με στήριξαν στο να φέρω εις πέρας την μεταπτυχιακή μου μελέτη. Πιο συγκεκριμένα, τους γονείς μου, την καθηγήτρια μου, τα μέλη του εργαστηρίου που με βοήθησαν με τις γνώσεις τους και όλο μου τον φιλικό κύκλο.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Ω Ν

ΣΚΟΠΟΣ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	2
1.1 ΣΠΟΡΟΣ ΛΟΥΠΙΝΟΥ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ.....	2
1.2 ΦΟΙΝΙΚΕΛΑΙΟ.....	5
1.3 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΡΤΟΠΟΙΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΕΙΚ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ & ΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	8
1.4 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΚΕΙΚ.....	11
1.5 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ ΛΠΟΥΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ PICKERING.....	13
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	17
2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ.....	17
2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	21
2.2.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ-ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΙΤΟΥ ΜΕ ΑΛΕΥΡΟ ΛΟΥΠΙΝΟΥ.....	21
2.2.1 Α ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΚΕΙΚ.....	23
2.2.1 Β ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	24
2.2.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ-ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΕΙΚ ΛΟΥΠΙΝΟΥ ΜΕ ΥΔΡΟΚΟΛΛΟΕΙΔΗ ..	29
2.2.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ-ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΙΝΙΚΕΛΑΙΟΥ ΑΠΟ ΝΑΝΟΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ ..	34
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
3.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ.....	38
3.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	49
3.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ.....	65
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	82
4.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ.....	82
4.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	83
4.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ.....	85
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	89
I. ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	89
II. ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ.....	99
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	108

ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα εργασία διεκπεραιώθηκε σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος, αφορούσε την μελέτη, ως προς τις ιδιότητες, όταν υποκαταστάθηκε κέικ παρασκευασμένο με αλεύρι σίτου, από αλεύρι λούπινου (*Lupinus albus L.*), σε διαφορετικές περιεκτικότητες. Δηλαδή, με βάση πρότυπη συνταγή, παρασκευάστηκε το δείγμα ελέγχου που ήταν ένα κέικ με αλεύρι σίτου 100% και μετρήθηκαν συγκεκριμένες φυσικοχημικές του ιδιότητες. Ακολούθως, χρησιμοποιήθηκε αλεύρι λούπινου για την υποκατάσταση του άλευρου σίτου, σε διαφορετικές περιεκτικότητες. Έτσι, παρασκευάστηκαν τα αντίστοιχα υποκατεστημένα, με λούπινο, δείγματα και μετρήθηκαν οι ιδιότητες αυτών, με στόχο τη σύγκρισή τους με το αρχικό δείγμα ελέγχου. Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, βρέθηκε και το βέλτιστο ποσοστό υποκατάστασης του κέικ με αλεύρι σίτου, από αλεύρι λούπινου.

Στην συνέχεια, ο στόχος του δεύτερου μέρους, αφορούσε τη βελτιστοποίηση του κέικ που είναι ελεύθερο γλουτένης, δηλαδή, περιέχει 100% αλεύρι λούπινου, από διάφορα υδροκολλοειδή, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το κέικ ως προς τις φυσικοχημικές του ιδιότητες. Έτσι, δοκιμάστηκαν διάφορα υδροκολλοειδή ή συνδυασμός αυτών, σε διαφορετικές περιεκτικότητες και για το κάθε δείγμα μετρήθηκαν συγκεκριμένες ιδιότητες, οι οποίες συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες που λάβαμε από το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου. Επομένως, σε αυτό το στάδιο, βρέθηκε ένα υδροκολλοειδές με συγκεκριμένη περιεκτικότητα, ξανθάνη 1.5%, το οποίο μπορεί και βελτιώνει ένα κέικ από λούπινο, ως προς τις ιδιότητες και το καθιστά αποδεκτό.

Τέλος, στο τρίτο μέρος της μελέτης, έλαβε χώρα μία προσπάθεια υποκατάστασης του περιεχόμενου λίπους του κέικ (φοινικέλαιο), από νανογαλακτώματα και διερευνήθηκε η ικανότητα χρήσης τους ως υποκατάστατο της λιπαρής ύλης. Για το σκοπό αυτό, ως κέικ αναφοράς, χρησιμοποιήθηκε το βελτιστοποιημένο κέικ που βρέθηκε στο δεύτερο μέρος, προκειμένου ως τελικό προϊόν, να προκύψει ένα κέικ χωρίς γλουτένη και χαμηλό σε λιπαρά. Έτσι, παρασκευάστηκαν τα νανογαλακτώματα και χρησιμοποιήθηκαν ως υποκατάστατο του φοινικελαίου, σε διαφορετικά ποσοστά. Μετρήθηκαν και στο τρίτο μέρος οι φυσικοχημικές ιδιότητες, προκειμένου να γίνει η σύγκριση με το δείγμα ελέγχου και η αξιολόγηση της επιτυχίας μιας τέτοιας υποκατάστασης, σε συγκεκριμένο ποσοστό.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 ΣΠΟΡΟΣ ΛΟΥΠΙΝΟΥ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Το λούπινο είναι ένα πολύτιμο αρχαίο όσπριο, το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί καλά σε διαφορετικά κλίματα (Dervas et al., 1999). Οι σπόροι λούπινου (*Lupinus albus L* – σχήμα 1), αποτελούν είδος του γένους *Lupinus*, το οποίο απαρτίζεται από πάνω από διακόσια είδη και ανήκει στην οικογένεια *Leguminosae* (Erbaş et al., 2005). Τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη λούπινου είναι: το *Lupinus albus L.* (άσπρο λούπινο), το *Lupinus angustifolius L.* (μπλέ λούπινο), το *Lupinus luteus L.* (κίτρινο λούπινο) και το *Lupinus mutabilis* (μωβ λούπινο). Τα πρώτα τρία είδη, καλλιεργούνται στην περιοχή της μεσογείου, ενώ το τελευταίο, βρίσκεται στη Ν.Αμερική (Erbaş et al., 2005).



Σχήμα 1: Σπόροι λούπινου (*Lupinus albus L.*) (White Lupin (*Lupinus Albus*) Seeds / Feedipedia, n.d.)

Η ιστορία του λούπινου στη γεωργία είναι μεγάλη και χρονολογείται πάνω από 4000 χρόνια πριν (Kurlovich, 2002). Με μία σύντομη αναδρομή στο παρελθόν, το λούπινο (*Lupinus spp.*) καλλιεργήθηκε στην αρχαία Ελλάδα και την Αίγυπτο πριν από το 2000 π.Χ., για την παραγωγή σιτηρών, φαρμάκων, καλλυντικών και ζωοτροφής. Περίπου το 1000-800 π.Χ, χρησιμοποιήθηκε στην αρχαία Ρώμη ως «πράσινη κοπριά»¹. Έπειτα, δύο αιώνες αργότερα, η καλλιέργεια του λούπινου έφτασε ως την Αμερικανική ήπειρο. Στην συνέχεια, από τη δεκαετία του 1860 και μετά, ποικιλίες λούπινου άρχισαν να χρησιμοποιούνται ως κοπριά και σε χώρες της Ευρώπης (πχ. Γερμανία). Χρόνια αργότερα, τη δεκαετία του 1930, 70', 80' και 90', άρχισαν να παράγονται περισσότερα είδη λούπινου (γλυκές ποικιλίες), στην Γερμανία, Σουηδία και την Αυστραλία. Οι παλαιότερες ποικιλίες, είχαν πικρή γεύση, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε αλκαλοειδή², με αποτέλεσμα να απαιτείται μία προεργασία (συνήθως μούλιασμα σε αλμυρό νερό), προκειμένου να απομακρυνθούν. Όμως, αυτό

¹ Γεωργικός όρος, που αφορά τον τρόπο ενσωμάτωσης της κοπριάς στο έδαφος. Χρησιμοποιείται συχνά στις καλλιέργειες ψυχανθών, για την προσθήκη αζώτου στο έδαφος (Adrian John Pieters, 1927).

²Ενώσεις που διακρίνονται για τη πικρή τους γεύση και τοξική τους δράση, σε μεγάλη περιεκτικότητα (Shrestha et al., 2021).

διαφοροποιήθηκε, καθώς παρήχθησαν οι γλυκές ποικιλίες, που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα στις ενώσεις αυτές.

Οι σπόροι του λούπινου άρχισαν να καλλιεργούνται, διότι προσφέρουν πλεονεκτήματα σε τρεις διαφορετικούς τομείς. Πρώτα απ' όλα, αποτελούν τροφή των μηρυκαστικών. Επίσης, χρησιμοποιούνται ως «πράσινη κοπριά», με αποτέλεσμα να είναι ωφέλιμοι για τη βελτιστοποίηση της δομής του εδάφους. Ο τρίτος λόγος καλλιέργειάς τους, αφορά την υψηλή τους διατροφική αξία (Faluyi et al., 2000; Huyghe, 1997). Πιο συγκεκριμένα, ανάμεσα στο μπιζέλι, τα ρεβίθια, τις φακές και τα φασόλια, το λούπινο διαθέτει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα πρωτεϊνών και εδώδιμων ινών. Επιπλέον, είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, όπως μέταλλα, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, αντιοξειδωτικά και ακόρεστα λιπαρά οξέα (van de Noort, 2017). Στο σχήμα 2, φαίνονται τα περιεχόμενα ποσοστά στο λούπινο σε μακροθρεπτικά συστατικά. Λόγου χάρη, το ποσοστό πρωτεΐνης στον σπόρο του λευκού λούπινου κυμαίνεται από 33 έως 47% (Erbaş et al., 2005). Επιπλέον, οι φλοιοί του λούπινου, αποτελούνται από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και πηκτίνη. Όσον αφορά το εσωτερικό μέρος, περιέχουν πολυσακχαρίτες που συντίθενται από αραβινόζη, γαλακτόζη και ουρονικό οξύ, οι οποίοι, έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες νερού. Αν και μπορεί να προκληθεί μετεωρισμός, χάρη στην υψηλή περιεκτικότητα διαιτητικών ινών, το λούπινο συμβάλλει στην εύρυθμη λειτουργία του εντερικού συστήματος (van de Noort, 2017). Ακόμη, μετά από συστηματική κατανάλωση λούπινου, παρατηρούνται επιπρόσθετες ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του οργανισμού, όπως, τη μείωση της χοληστερόλης και του γλυκαιμικού δείκτη στο αίμα (van de Noort, 2017). Τέλος, ένα από τα πλεονεκτήματα του λούπινου, είναι η καταλληλότητα προς κατανάλωση του, σε άτομα που πάσχουν από ασθένειες όπως: κοιλιοκάκη ή δυσανεξία στη λακτόζη, καθώς, δεν περιέχει γλουτένη ή λακτόζη αντίστοιχα (Jappe & Vieths, 2009).

Από την άλλη πλευρά, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε το γεγονός, ότι το λούπινο είναι πιθανό να συνδέεται με μερικά προβλήματα στην υγεία. Αρχικά, όπως αναφέρθηκε, στο λούπινο περιέχονται αλκαλοειδείς ενώσεις, των οποίων η περιεκτικότητα διαφέρει ανάλογα με τη ποικιλία. Συνολικά, στα είδη του λούπινου, έχουν καταγραφεί περίπου 70 διαφορετικές κινολιζιδίνες³ αλκαλοειδών (καλούνται λουπανίνες), εκ των οποίων, οι 28 είναι ελεύθερες βάσεις διαλυτές σε οργανικούς διαλύτες και οι υπόλοιπες βρίσκονται υπό τη μορφή αλάτων (Chavan et al., 2016). Αυτές οι ενώσεις είναι τοξικές σε μεγάλη ποσότητα και πρέπει να απομακρύνονται. Στο είδος *L. albus*, έχει βρεθεί η μικρότερη περιεκτικότητα σε αλκαλοειδή, δηλαδή 0,186g/100g dw⁴. Οι ενώσεις αυτές, μπορούν να προκαλέσουν οξεία ή χρόνια δηλητηρίαση και ηπατικές βλάβες στον οργανισμό. Έχει προταθεί ως τοξική δόση, τα 10-25 mg/Kg σωματικού βάρους για τα παιδιά και 25-45 mg/Kg, για τους ενήλικες αντίστοιχα (Chavan et al., 2016). Έτσι, προκειμένου να απομακρύνονται τα αλκαλοειδή, λόγω τοξικότητας και πικρής

³ Οργανικές ετεροκυκλικές ενώσεις που περιέχουν άζωτο (*Quinolizidine Alkaloids*, 2023).

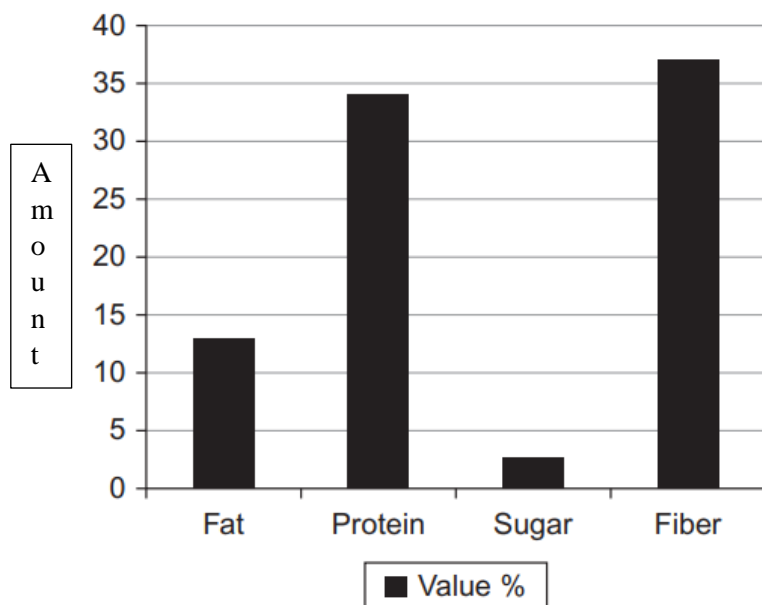
⁴ Dw: dry weight (ξηρό βάρος).

γεύσης, έχουν διαμορφωθεί ορισμένες τεχνικές επεξεργασίας του λούπινου, όπως για παράδειγμα, βιολογικές και χημικές μέθοδοι (Chavan et al., 2016).

Επιπροσθέτως, ένα δεύτερο μειονέκτημα του λούπινου είναι ότι αποτελεί έναν πιθανό αλλεργιογόνο παράγοντα, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει αντιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το λούπινο ανήκει στην οικογένεια *Leguminosae*. Σε αυτήν, περιλαμβάνεται μία ομάδα πρωτεϊνών, οι κονγλουτίνες α' - β' - γ' και δ' , οι οποίες ευθύνονται για την εμφάνιση των πιθανών αλλεργιών (Villa et al., 2020). Πιο συγκεκριμένα, η αλλεργία, προκαλείται από την ανοσοσφαιρίνη E (IgE). Αν και τις πιο πολλές φορές συγχέονται μεταξύ τους, η ευαισθητοποίηση στην IgE του λούπινου, δεν είναι ίδια με τη κλινική αλλεργία στο λούπινο. Η ειδοποιός διαφορά έγκειται στο ότι στην πρώτη κατηγορία, τα άτομα διαθέτουν τα αντισώματα που είναι ικανά να αναγνωρίσουν έναν αλλεργιογόνο παράγοντα του λούπινου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, τα άτομα εκδηλώνουν κλινικά συμπτώματα (Villa et al., 2020). Ο τρόπος έκθεσης στους αλλεργιογόνους παράγοντες μπορεί να είναι: είτε άμεσος, μέσω της κατάποσης, είτε έμμεσος, μέσω της εισπνοής, όπως για παράδειγμα, σε άτομα που εργάζονται σε χώρο που χρησιμοποιείται αλεύρι από λούπινο και εκτίθενται σε αυτό, με συνέπεια την πιθανή εμφάνιση άσθματος (Villa et al., 2020). Επομένως, καθώς κρίνεται απαραίτητη η προσπάθεια αντιμετώπισης των προβλημάτων που περιγράφονται, οι βιομηχανίες τροφίμων, συνεχώς δοκιμάζουν και εφαρμόζουν νέες τεχνικές κατά την επεξεργασία του λούπινου, έτσι ώστε να περιορίσουν τον αλλεργιογόνο παράγοντα. Ένα τέτοιο μέσο αποτελεί η κατάλληλη θερμική επεξεργασία, με στόχο την χημική και δομική τροποποίηση των πρωτεϊνών που είναι υπεύθυνες για την παρουσία των αλλεργιών (Loza & Lampart-Szczapa, 2008).

Συγκεντρώνοντας τόσο τα θετικά όσο και τα αρνητικά σημεία του λούπινου, το λούπινο έχει κερδίσει το παγκόσμιο ενδιαφέρον, όχι μόνο λόγω της ενίσχυσης που προσφέρει στην διατροφή και την υγεία του ανθρώπου, αλλά και λόγω του ότι δεν υφίσταται γενετική τροποποίηση κατά την εμπορική καλλιέργεια, έχει μεγάλη βιωσιμότητα και χαμηλό κόστος παραγωγής (Shrestha et al., 2021). Επίσης, έχει κερδίσει το ενδιαφέρον της βιομηχανίας τροφίμων, καθώς μπορεί να ενσωματωθεί και να εμπλουτίσει τα προϊόντα αρτοποιίας, είτε με τη χρήση άλευρου από λούπινο, είτε μέσω της απομόνωσης των πρωτεϊνών που περιλαμβάνει και της προσθήκης σε αυτά. Πιο συγκεκριμένα, το λούπινο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία ως εξής: είτε ως υποκαταστάτης του σίτου σε προϊόντα (τύπου μπισκότα, muffins, ψωμί και κέικ), με στόχο την ενίσχυση της διατροφικής τους αξίας λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και φυτικές ίνες, είτε για την ανάπτυξη προϊόντων ελεύθερων γλουτένης (Villa et al., 2020). Να σημειωθεί ότι, το αλεύρι λούπινου αποτελείται από πρωτεΐνες που δεν περιέχουν αμινοξέα με θείο (όπως για παράδειγμα, τη μεθειονίνη και τη κυστεΐνη), όμως είναι υψηλές σε περιεκτικότητα λυσίνης. Το αντίστροφο συμβαίνει στις πρωτεΐνες του σίτου, επομένως, κατά τη δημιουργία προϊόντων αρτοποιίας με σίτο και λούπινο μαζί, συμπληρώνονται όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, με αποτέλεσμα το τελικό παρασκεύασμα να εμπεριέχει υψηλής αξίας πρωτεΐνη (Dervas et al., 1999). Κλείνοντας, το αλεύρι λούπινου διαθέτει πολλές τεχνολογικές ιδιότητες

(Kohajdová et al., 2011), όπως μεγάλη ικανότητα δέσμευσης νερού, πιθανή αντικατάσταση των πρωτεϊνών του αυγού, σχηματισμό αφρού και γαλακτωμάτων, που μπορούν να αξιοποιηθούν με ευκολία από τη βιομηχανία τροφίμων.



Σχήμα 2: Περιεχόμενο ποσοστό μακροθρεπτικών συστατικών στο λούπινο (van de Noort, 2017).

1.2 ΦΟΙΝΙΚΕΛΑΙΟ

Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερο έχει καθιερωθεί η χρήση φυτικών ελαίων και λιπών στις παρασκευές προϊόντων. Ένα τέτοιο παράδειγμα που έχει κυριαρχήσει στον κόσμο της βιομηχανίας τροφίμων, αποτελεί το φοινικέλαιο. Συχνά, προκαλούνται αντιπαράθεσεις σχετικά με την χρήση του φοινικελαίου στα τρόφιμα και τα προϊόντα που το περιέχουν, στοχοποιούνται από μία μεγάλη μερίδα του πληθυσμού.

Το φοινικέλαιο εξάγεται από το ώριμο μεσοκάρπιο του δέντρου του ελαιοφοίνικα (*Elaeis guineensis*). Οι κύριες χώρες παραγωγής είναι οι εξής: η Ινδονησία, η Ταϊλάνδη, η Μαλαισία, η Κολομβία και η Νιγηρία. Να σημειωθεί ότι, ο ελαιοφοίνικας είναι ικανός να παράγει έως και δέκα φορές περισσότερη ποσότητα λαδιού από άλλα αντίστοιχα κορυφαία καλλιεργούμενα δέντρα. Επιπλέον, μπορεί να παραχθεί λάδι δύο τύπων: το πρώτο λαμβάνεται από το μεσοκάρπιο και είναι το ακατέργαστο φοινικέλαιο (CPO-crude palm oil), ενώ το δεύτερο, λαμβάνεται από τον εσωτερικό πυρήνα του καρπού και ονομάζεται φοινικοπυρηνέλαιο (PKO-palm kernel oil) (Mba et al., 2015). Επίσης, ήδη το 2012, τόσο το CPO όσο και το PKO, αντιπροσώπευαν το 32% της παγκόσμιας παραγωγής ελαίων, καθώς

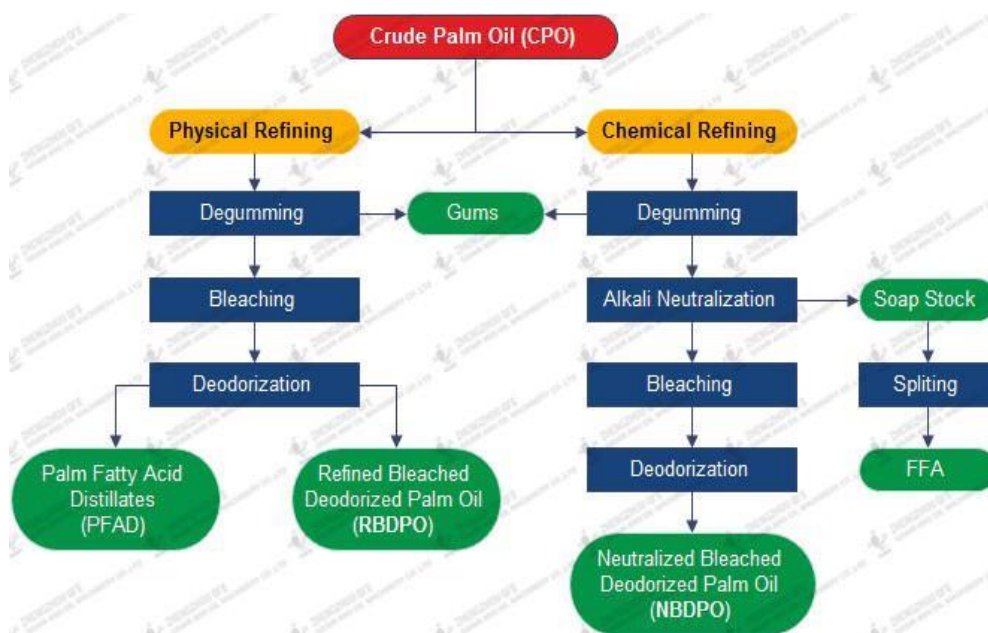
ξεπέρασε ακόμη και το σογιέλαιο, το οποίο είναι το ευρέως παραγόμενο φυτικό λάδι στον κόσμο (oil world, 2013).

Ένα από τα θετικά στοιχεία του φοινικελαίου, είναι το μοναδικό προφίλ σε λιπαρά οξέα (FA) και τριακυλογλυκερόλες (TAG) που παρουσιάζει. Είναι το μόνο φυτικό λάδι που συντίθεται σε ίση αναλογία 50-50 από κορεσμένα (με κύριο το παλμιτικό οξύ) και ακόρεστα (με κύριο το ελαϊκό οξύ) λιπαρά οξέα αντίστοιχα. Αυτό το περιεχόμενο είναι που το καθιστά κατάλληλο για άπειρες εφαρμογές στη βιομηχανία (όπως: οδοντόκρεμες, καλλυντικά, φάρμακα, κεριά, παγωτά, μαγειρικά λίπη, βιοντίζελ κ.ά). Τα κλάσματα του CPO, ταξινομούνται στο υγρό (παλμιτική ολεϊνη) και στο στερεό (παλμιτική στεατίνη), με διακριτές φυσικοχημικές ιδιότητες και εφαρμογές (Barriuso et al., 2012). Η παλμιτική στεατίνη είναι ωφέλιμη, από την άποψη ότι παρέχει τη στερεή φάση, χωρίς να χρειαστεί η υδρογόνωση του ελαίου, μειώνοντας έτσι την πρόσληψη, των βλαβερών για την υγεία, trans-λιπαρών που θα προέκυπταν από τη διαδικασία αυτή (Kellens et al., 2007). Ακόμη, μέσω της εστεροποίησης του ακατέργαστου φοινικελαίου (CPO), μπορούν να ενσωματωθούν απαραίτητα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, προκειμένου να ενισχυθεί με αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Ένα δεύτερο βασικό πλεονέκτημα του φοινικελαίου, αφορά τη χρήση του στο τηγάνισμα, καθώς ξεχωρίζει μεταξύ των ελαίων που προορίζονται γι' αυτό. Ο λόγος που συμβαίνει είναι εξαιτίας τόσο της μοναδικής σύνθεσής του σε λιπαρά οξέα, όσο και του υψηλού σημείου καπνού (smoke point), το οποίο φτάνει περίπου τους 230°C. Είναι τόσο σταθερό στο τηγάνισμα, λόγω της συνεργιστικής δράσης του β-καροτενίου και της τοκοτριενόλης που έχει σε υψηλή περιεκτικότητα και του προσφέρουν οξειδωτική σταθερότητα (Mba et al., 2015).

Παρά τις δυνατότητες που προσφέρει η χρήση του φοινικελαίου στα τρόφιμα, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε τα αρνητικά χαρακτηριστικά που φέρει, λόγω των οποίων, δεν θα έπρεπε να έχει κατακλύσει σε τέτοιο βαθμό, τα προϊόντα της παγκόσμιας βιομηχανίας. Πρώτα απ' όλα, ένα μειονέκτημα του φοινικελαίου εντοπίζεται στην επεξεργασία του. Πιο αναλυτικά, το φοινικέλαιο παραλαμβάνεται από το καρπό, είτε μέσω μηχανική συμπίεσης, είτε μέσω εκχύλισης με οργανικούς διαλύτες (Mba et al., 2015). Ως τελικό προϊόν, περιέχει τόσο επιθυμητές (πχ. αντιοξειδωτικά και βιταμίνη E) όσο και ανεπιθύμητες ενώσεις (πχ. προϊόντα οξείδωσης, κόμμεα, φωσφολιπίδια κ.τ.λ.). Στο σχήμα 3, φαίνονται αναλυτικά τα στάδια παραλαβής του φοινικελαίου. Ειδικότερα, η διαδικασία απόσπησης του φοινικελαίου, φτάνει πολύ υψηλές θερμοκρασίες κοντά στους 270°C, προκειμένου να απομακρυνθούν οι δυσάρεστες οσμές (λόγω κετονών και αλδεϋδών) και το κόκκινο χρώμα που έχει εκ φυσικού του το έλαιο. Η επεξεργασία αυτή, έχει ως απόρροια, τόσο το να χάνονται πολύτιμα συστατικά του φοινικελαίου (πχ. τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, τα αντιοξειδωτικά κ.τ.λ), όσο και το να παραμένουν υπολείμματα του οργανικού διαλύτη που χρησιμοποιείται (πχ. εξάνιο), εντός του τελικού προϊόντος (Manan et al., 2009). Ακόμη, ένα κύριο αρνητικό του, σχετίζεται με το αντίκτυπο που αφήνει η παραγωγή του, στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το φοινικέλαιο αποτελεί

ένα πολύ μεγάλο μέρος της παγκόσμιας ζήτησης, άρα και παραγωγής. Το γεγονός αυτό, δίνει έναυσμα για την αλόγιστη επέκταση της καλλιέργειάς του ελαιοφοίνικα, σε τεράστιες δασικές εκτάσεις. Επομένως, προκαλείται έντονη ανησυχία, σχετικά με τον ρόλο του φοινικελαίου στην αποψίλωση των δασών (Meijaard et al., 2020). Επιπρόσθετες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που πιθανόν επιφέρει η παραγωγή του φοινικελαίου, είναι: η μείωση της βιοποικιλότητας των περιοχών και οι μεγάλες σε ποσότητα, εκπομπές αερίων που συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Meijaard et al., 2020; Hosseini & Abdul Wahid, 2013). Κλείνοντας, όσον αφορά το κομμάτι της υγείας, σύμφωνα με μέτα-ανάλυση κλινικών δοκιμών του 2015 (Sun et al., 2015), το φοινικέλαιο, να μεν αυξάνει την LDL-χοληστερόλη σε σχέση με αντίστοιχα φυτικά έλαια που είναι χαμηλότερα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, έφосον περιέχει σε μεγάλο ποσοστό παλμιτικό οξύ, χωρίς όμως δε, να έχει αποδειχθεί άμεση αιτιολογική συσχέτιση με καρδιαγγειακά νοσήματα ή καρκίνο (Urugo et al., 2021; Fattore & Fanelli, 2013; Cazzolla Gatti et al., 2019).

Συμπερασματικά, εάν και αναγνωρίζονται μερικά οφέλη της χρήσης του φοινικελαίου στη βιομηχανία τροφίμων, δεν μπορούν να αμφισβητηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρει. Για' αυτό, καλό θα ήταν, να βρεθούν μέσα αντικατάστασής του στα προϊόντα της παγκόσμιας αγοράς, ώστε να περιοριστεί το αντίκτυπο που φέρει, τόσο στο περιβάλλον, όσο και πιθανόν στην υγεία των καταναλωτών, αφού ενοχοποιείται διαρκώς για πρόκληση παθήσεων, αλλά ακόμη δεν συσχετίζεται απόλυτα με αυτές. Έτσι, είναι πιο εύκολο, να προκύψουν προϊόντα «καθαρής ετικέτας», που πλέον αναζητούνται από το καταναλωτικό κοινό εντονότερα σε σχέση με το παρελθόν, καθώς είναι πιο ενημερωμένο, αλλά παράλληλα και να προστατευτεί το παγκόσμιο οικοσύστημα από την αλόγιστη παραγωγή του φοινικελαίου.



Σχήμα 3: Διαδικασία διύλισης φοινικελαίου (Palm Oil Chemical Refining, n.d.).



Σχήμα 4: Στερεό φοινικέλαιο (Marketing, 2020).

1.3 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΡΤΟΠΟΙΙΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΕΙΚ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ & ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Στα βάθη των αιώνων, ο τρόπος παρασκευής των προϊόντων τύπου κέικ διέφερε ελάχιστα. Αυτό που διαφοροποιούνταν ήταν, ότι με τη πάροδο του χρόνου, στις συνταγές αναγραφόταν μικρότερη ποσότητα των εκάστοτε υλικών. Σαν προϊόντα αρτοποιίας, τα κέικ περιέχουν υψηλές ποσότητες από ζάχαρη, λίπος, αυγά και γάλα (Zhou & Hui, 2014). Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες: τα “foam-cakes” και τα “shortened-cakes”. Στην πρώτη κατηγορία, τα κέικ εξαρτώνται από τις ιδιότητες αφρισμού και αερισμού των αυγών, ώστε να προκύψει ο όγκος και η δομή τους. Στην δεύτερη κατηγορία, τα κέικ που προκύπτουν έχουν μία πιο εύθρυπτη δομή ψίχας, η οποία οφείλεται στα γαλακτώματα λίπους που σχηματίζονται κατά τη παρασκευή της ζύμης (Zhou & Hui, 2014).

Η ζύμη του κέικ, είναι ένα γαλάκτωμα τύπου λάδι σε νερό (“oil-in-water”) με κυψέλες αέρα που παγιδεύονται και σταθεροποιούνται στη λιπαρή φάση, ενώ όλα τα υπόλοιπα συστατικά, διασκορπίζονται στην υδατινή φάση. Είναι γεγονός ότι η κυψέλωση των κέικ εξαρτάται από τη διαστολή των αερίων που περιέχει (πχ. διοξείδιο του άνθρακα από το baking powder). Κατά το ψήσιμο, ο όγκος ενός κέικ αυξάνεται έως και 3 φορές. Όμως, έχει βρεθεί ότι αυτό δεν θα μπορούσε να αποδίδεται μόνο στην ύπαρξη των αερίων και ότι μόνο το 10% της συνολικής διαστολής αντιπροσωπεύει η περιεκτικότητα του κέικ σε αέρα. Το υπόλοιπο 90% προκύπτει από τη μετατροπή του νερού σε ατμό, μέσα στις κυψέλες (Bennion et al., 1997).

Υπάρχουν δύο τύποι μεθόδων ανάμειξης της ζύμης (Edwards, 2007), οι οποίες βρίσκονται από κοινού σε ισχύ. Η πρώτη, ονομάζεται “sugar batter method” και λειτουργεί φτιάχνοντας ένα γαλάκτωμα λαδιού σε νερό με κυψέλες αέρα στη λιπαρή φάση. Δηλαδή, το λιπαρό στοιχείο, αναμιγνύεται με τη ζάχαρη και παράγεται ένα λεπτόρευστο μίγμα. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως “creaming”. Ακολούθως, προστίθενται τα αυγά σε θερμοκρασία δωματίου, ώστε να μην διαχωριστούν οι φάσεις και αναδεύονται με προσοχή. Τέλος, απαλά συμπληρώνονται και τα υπόλοιπα υλικά, για τη δημιουργία μιας ζύμης με

βελούδινη υφή. Από την άλλη, η δεύτερη μέθοδος καλείται “flour batter method”. Είναι πιο διαδεδομένη για τη παρασκευή κέικ τύπου παντεσπάνι (“sponge cake”). Σε αυτή, το αλεύρι χωρίζεται σε δύο μέρη: το πρώτο, αναδεύεται μαζί με το λίπος και το δεύτερο, προστίθεται μετέπειτα στη ζύμη. Η ζάχαρη χτυπιέται μαζί με τα αυγά, προκειμένου να δημιουργηθεί ένας αφρός. Σε αυτό το σημείο, θέλει προσοχή να μην εισαχθεί μεγάλη ποσότητα αέρα κατά την ανάδευση, γιατί θα προκύψει ανεπιθύμητη ελαφριά υφή. Το πρόβλημα αυτό δεν υφίσταται στην πρώτη μέθοδο, καθώς η παρουσία λίπους με τη ζάχαρη, περιορίζουν την ποσότητα αέρα που μπορεί να ενσωματωθεί. Στην συνέχεια, το μείγμα αυγών-ζάχαρης, προστίθεται σε δόσεις στο μίγμα με το αλεύρι και το λίπος και έπειτα μπαίνουν και υπόλοιπα τυχόν υλικά. Συγκριτικά μεταξύ τους, η δεύτερη μέθοδος, δίνει τη δυνατότητα για μία πιο ομοιόμορφη ζύμη, είναι ταχύτερη και επίσης δεν επιτρέπει την ανάπτυξη δικτύων γλουτένης που θα απέδιδαν μία πιο σκληρή υφή στο τελικό προϊόν. Τέλος, ένα μειονέκτημα της δεύτερης μεθόδου, είναι ότι μπορεί να δημιουργήσει μία πολύ ελαφριά υφή, η οποία να είναι ανεπιθύμητη.

Οι τυπικές αναλογίες για τη παρασκευή ενός προϊόντος αρτοποιίας τύπου κέικ, φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 1: Βασική σύνθεση-αναλογίες κέικ (Bennion et al., 1997).

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	% ΑΛΕΥΡΟΥ
Αλεύρι	100
Λίπος	57
Ζάχαρη	72
Συνολικά υγρά	97
Baking powder	1.34

Επιπροσθέτως, όσον αφορά τη διάρκεια ζωής (“shelf-life”) των προϊόντων τύπου κέικ, ελλοχεύουν περισσότεροι κίνδυνοι αλλοίωσης κατά το μεγάλο χρόνο ζωής τους, σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο προϊόν αρτοποιίας. Παραδείγματος χάρη, είναι πιθανό το κέικ να στεγνώσει, να οξειδωθεί ή/και να αναπτυχθεί μύκητας, εάν υπάρχει μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία εντός του προϊόντος (Edwards, 2007). Προκειμένου να αποφευχθούν και να διατηρηθεί το προϊόν για περισσότερο χρόνο, τα κέικ της βιομηχανίας αφήνονται στο φούρνο σε αποστειρωμένες συνθήκες για την αποφυγή πιθανής μόλυνσης από μύκητα, μετά το ψήσιμο. Ακόμη, το τελικό προϊόν ξηραίνεται ή συσκευάζεται καταλλήλως, ώστε να περιορίζεται η ανάπτυξη περίσσειας υγρασίας (Edwards, 2007).

Προκειμένου να σχηματιστεί ένα ποιοτικά ορθό τελικό κέικ, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Πρώτα απ όλα, η επιλογή των συστατικών και οι ακριβείς αναλογίες (βλέπε πίνακα 1). Πιο συγκεκριμένα, σε μία φόρμουλα συνταγής κέικ, οι ποσότητες μεταξύ των υλικών, έχουν σχεδιαστεί έτσι, ώστε να προκύπτει ένα προϊόν υψηλής απόδοσης. Επίσης, το κάθε

συστατικό συμβάλλει σε μία διαφορετική πτυχή του κέικ (Wilderjans et al., 2013), λόγου χάρη, στην τρυφερότητα, τη δομή, την υγρασία και τη γεύση του. Ένας δεύτερος παράγοντας σχετίζεται με την κατάλληλη τεχνολογία ανάμειξης (Wilderjans et al., 2013). Δηλαδή, τόσο η σειρά με την οποία θα προστεθούν τα υλικά, όσο και η ταχύτητα και ο χρόνος, διαδραματίζουν βασικό ρόλο και διαφοροποιούν το τελικό αποτέλεσμα. Λόγου χάρη, η ανάδευση σε υψηλή ταχύτητα για μεγάλο χρόνο, βοηθάει στο να ενσωματωθεί σωστά ο αέρας και να κατανεμηθούν ομοιόμορφα οι κυψέλες στη λιπαρή φάση. Ακόμη, η τήρηση βέλτιστης θερμοκρασίας και χρόνου ψήσιματος, είναι εξίσου σημαντική. Έτσι, με βάση όλα τα παραπάνω, προκύπτει ένα τελικό κοινώς αποδεκτό προϊόν, το οποίο θα επηρεαστεί αν τροποποιηθεί κάποιος από τους παράγοντες (Zhou & Hui, 2014). Ειδικότερα για τη θερμοκρασία, κατά τη βιομηχανική παραγωγή των κέικ, ο γενικός κανόνας αναφέρει ότι πρέπει να ψήνονται σε όσο το δυνατόν πιο ζεστό φούρνο, ανάλογα πάντα και με τη φύση των συστατικών, το σχήμα κ.τ.λ. Η διαδικασία που λαμβάνει χώρα είναι η εξής: κατά το ψήσιμο, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, οι κυψέλες εσωτερικά του μίγματος αρχίζουν να συνενώνονται μέσω της απώλειας αερίων. Ο ρυθμός συνένωσης, εξαρτάται τόσο από το μέγεθος, όσο και από τη διακύμανση του μεγέθους της κυψέλης. Παραδείγματος χάρη, οι λεπτές κυψέλες ομοιόμορφου μεγέθους, προσδίδουν σταθερότητα στο μίγμα και έχουν ως αποτέλεσμα, ένα κέικ με πιο λεπτή υφή. Αντίθετα, πιο χοντρές κυψέλες, αποδίδουν μία ανεπιθύμητη υφή και δομή στο προϊόν. Η ένωση των κυψελίδων ολοκληρώνεται καθώς πήζουν οι πρωτεΐνες και διογκώνεται το περιεχόμενο άμυλο. Από την άλλη πλευρά, να τονιστεί ότι, τόσο ένας υπερβολικά ζεστός, όσο και κρύος φούρνος, μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στο κέικ, που σχετίζονται με την εμφάνιση της κρούστας, το χρώμα, τον όγκο και την ψίχα. Όσον αφορά την μετάδοση της θερμότητας, κατά την παραγωγή των κέικ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικοί φούρνοι ή αερίου. Η ενέργεια που οφείλεται στην θερμότητα, μεταφέρεται είτε μέσω αγωγής, είτε συναγωγής, είτε ακτινοβολίας. Συνήθως, και οι τρεις τρόποι λαμβάνουν χώρα. Ο συμβατικός φούρνος (conventional oven) που χρησιμοποιείται, διαθέτει θερμαντικά στοιχεία στο πάνω και στο κάτω μέρος της κοιλότητας του φούρνου. Τα αρτοσκευάσματα, στηρίζονται στην ελεύθερη μεταφορά θερμότητας για το σωστό ψήσιμό τους, επομένως, οι χειριστές του φούρνου θα πρέπει να βεβαιώνονται ότι οι σχάρες και οι φόρμες με τα προϊόντα, βρίσκονται στην κατάλληλη θέση, ώστε να προκύψει ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα. Οι φούρνοι μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή (convection oven), διαθέτουν επιπλέον έναν ανεμιστήρα, ο οποίος διευκολύνει την κυκλοφορία μεταφοράς του θερμού αέρα. Έτσι, η θέση τοποθέτησης του προϊόντος στη σχάρα, δεν παίζει ρόλο, αφού μπορούν να ψηθούν παράλληλα και ομοιόμορφα πολλά προϊόντα μαζί. Ακόμη, στο φούρνο με αέρα, το ψήσιμο ολοκληρώνεται πιο γρήγορα, επομένως, συνίσταται, η θερμοκρασία ψήσιματος που αντιστοιχεί στην εκάστοτε συνταγή, να μειώνεται κατά 25°F (14°C) και ο συνολικός χρόνος ψήσιματος, να περιορίζεται κατά 25% περίπου (Conforti, 2014).

1.4 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΚΕΙΚ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα βασικά συστατικά ενός κέικ είναι: το αλεύρι, η λιπαρή ύλη, η ζάχαρη, τα αυγά και το υγρό στοιχείο. Πιο αναλυτικά, η ζύμη των κέικ, επηρεάζεται από τη σύσταση του αλεύρου. Κατά την βιομηχανική παρασκευή προϊόντων αρτοποιίας τύπου κέικ, συνήθως χρησιμοποιείται μαλακό αλεύρι σίτου. Το συγκεκριμένο, έχει μικρότερο μέγεθος σωματιδίων και υφίσταται λιγότερη αναδιάταξη του αμύλου που περιέχει. Προκειμένου να παραχθεί κέικ με τις καλύτερες ιδιότητες όσον αφορά την υφή, τη δομή, την ελαστικότητα, τη σκληρότητα, την τρυφερότητα, τον όγκο κ.ά., χρησιμοποιείται κυρίως αλεύρι με την εξής τυπική σύσταση: χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (7-9%), χαμηλή τέφρα, νερό 14%, άμυλο 72-74%, σάκχαρα 1-2%, λιπίδια 0.4-0.6%, μέταλλα 0.2-0.5% και κυτταρίνη 0.1% (Al-Dmoor, 2013). Η ψίχα του κέικ που θα δημιουργηθεί, εξαρτάται από την ποσότητα και το μέγεθος των φυσαλίδων αέρα που θα παραχθούν, από τον βαθμό ζελατινοποίησης του αμύλου και από την ποσότητα πήξης των πρωτεϊνών (Zhou & Hui, 2014). Να σημειωθεί ότι καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα και τη σύσταση του αλεύρου, καθώς και στις μετέπειτα ιδιότητες του τελικού προϊόντος, διαδραματίζει το στάδιο της άλεσης⁵ (milling). Επιπροσθέτως, η ζύμη επηρεάζεται και από την ύπαρξη της ζάχαρης. Μία λειτουργία της, πέρα από τη προσθήκη γλυκύτητας, είναι να αυξάνει τον όγκο του κέικ, με την ενσωμάτωση του αέρα στο λίπος. Ακόμη, αυξάνει την θερμοκρασία ζελατινοποίησης του αμύλου και πήξης των πρωτεϊνών, δίνοντας χρόνο στην γλουτένη να αναπτυχθεί και να αυξηθεί τελικά περισσότερο ο όγκος του κέικ. Επίσης, η υγροσκοπική φύση της ζάχαρης, μπορεί να αυξήσει την υγρασία του προϊόντος, ανάλογα το είδος της (λευκή, καστανή και κ.τ.λ). Επιπλέον, η ζάχαρη βοηθά στο σχηματισμό μιας έγχρωμης κρούστας στο κέικ, καθώς εμπλέκεται σε μία σειρά χημικών αντιδράσεων, που ονομάζονται Maillard. Τα αυγά με τη σειρά τους, συμβάλλουν στο χρώμα, τη δομή, την υγρασία και τον όγκο. Η λιπαρή φάση, συνδέεται με την μαλακή υφή, τη πλούσια γεύση, την ενίσχυση του όγκου και τη καλύτερη δομή. Τέλος, το υγρό στοιχείο (νερό ή γάλα), χρησιμεύει ως διαλύτης για τα ξηρά συστατικά, ζελατινοποιεί το άμυλο, επηρεάζοντας τη δομή και προσφέρει διόγκωση (Zhou & Hui, 2014). Συνολικά, παρατηρείται λοιπόν, ότι κάθε συστατικό, δεν είναι τυχαίο που προστίθεται στο κέικ σε συγκεκριμένη αναλογία, ώστε να βγει ένα βέλτιστο τελικό προϊόν, τύπου κέικ.

Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη τόσο των τεχνολογικών μέσων όσο και της επιστημονικής έρευνας για τη βελτιστοποίηση των προϊόντων, δημιουργούνται συνεχώς, όλο και περισσότερα νέα προϊόντα, που εξυπηρετούν πιο εξειδικευμένες ανάγκες στην καταναλωτική αγορά. Λόγου χάρη, δημιουργούνται προϊόντα που διευκολύνουν τον απαιτητικό και σύγχρονο ρυθμό ζωής. Ακόμη, τα παρασκευάσματα αυτά, μπορεί να απευθύνονται σε μία μερίδα του πληθυσμού με διάφορα προβλήματα υγείας, με σκοπό την ασφαλή κατανάλωσή τους από αυτούς. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν,

⁵ Η διαδικασία κατά την οποία, απελευθερώνεται ο πυρήνας του κόκκου από το πίτουρο και το φύτρο του και ακολούθως, αλέθεται το ενδοσπέρμιο του, σε μία λεπτή σκόνη, γνωστή ως αλεύρι (Zhou & Hui, 2014).

αρτοσκευάσματα με γλυκαντικά, ή με υποκατάσταση των αυγών, της γλουτένης, μείωση του περιεχόμενου λίπους και κ.τ.λ.

Ειδικότερα, όσον αφορά την βιομηχανία των κέικ, πολλές προσπάθειες γίνονται διαρκώς, προκειμένου να παραχθούν νέα προϊόντα ελεύθερα γλουτένης (“gluten-free”), απευθυνόμενα σε άτομα που πάσχουν από δυσανεξία σε αυτή. Η γλουτένη, είναι ένα ελαστικό δίκτυο που σχηματίζεται από τις περιεχόμενες πρωτεΐνες του αλεύρου σίτου, όταν αναμειχθούν με νερό. Αποτελείται από δύο πρωτεΐνες: τη γλουτελίνη, η οποία είναι υπεύθυνη για την ελαστικότητα της ζύμης και τη γλιαδίνη, που συμβάλλει στην εκτασιμότητα της ζύμης (Al-Dmoor, 2013). Η κοιλιοκάκη, είναι μία αυτοάνοση διαταραχή του οργανισμού, που προκαλείται από μόνιμη δυσανεξία, γενετικά ευαίσθητων ατόμων στις πρωτεΐνες της γλουτένης και ο μόνος τρόπος διαχείρισης είναι, η εφαρμογή μιας δίαιτας χωρίς γλουτένη, εφ’ όρου ζωής. Επομένως, τέτοιου είδους συσκευασμένα προϊόντα, αποτελούν πλέον μία πρόκληση για τον χώρο της βιομηχανίας τροφίμων.

Επιπροσθέτως, έχοντας αναφερθεί στη προσφορά του κάθε συστατικού στις ιδιότητες του κέικ, είναι αναπόφευκτο το γεγονός ότι, σε ένα κέικ ελεύθερο γλουτένης, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μπορεί να αλλάξουν. Γι’ αυτό, είναι ορθό να γίνονται συνεχείς προσπάθειες βελτίωσης των κέικ, όταν τροποποιείται η βασική τους συνταγή. Πιο συγκεκριμένα, στον κλάδο των τροφίμων, γίνονται διαρκώς δοκιμές, ώστε να βελτιστοποιούνται τέτοιου είδους προϊόντα, όσον αφορά τις μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες τους, με ποικίλους τρόπους. Παρακάτω, παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα που έχουν πραγματοποιηθεί, μαζί με τα αντίστοιχα ευρήματά τους.

Πρώτα απ’ όλα, έχουν λάβει χώρα έρευνες που αφορούν κέικ χωρίς γλουτένη, από αλεύρι οσπρίων. Σύμφωνα με τη μελέτη *Andrade et al., 2018*, με προσθήκη υδροκολλοειδών (γαλακτομαννάνης και ξανθάνης) σε κέικ από φασόλια της ποικιλίας *Phaseolus lunatus*, βελτιώνονται κάποιες ιδιότητες όπως: το ιξώδες, η ειδική βαρύτητα και η ενσωμάτωση του αέρα, καθώς και είναι αισθητικά αποδεκτό από το κοινό. Ένα άλλο παράδειγμα βελτιστοποίησης με προσθήκη υδροκολλοειδών αποτελεί, μία μελέτη του 2016 (*Itthivadhanarong et al., 2016*). Συνοψίστηκε η επίδραση των κοινών υδροκολλοειδών (ξανθάνη, γκουάρ, υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη και καραγενάνη) στις φυσικοχημικές ιδιότητες και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κέικ από αλεύρι μαύρου κηρώδους ρυζιού και βρέθηκε ότι, η ξανθάνη και το γκουάρ, διατηρούσαν τη μαλακή υφή του κέικ, μετά το πέρας τεσσάρων ημερών, αύξαναν το ιξώδες και είχαν μεγαλύτερη συνολική αποδοχή, σε σχέση με τα υπόλοιπα. Αντίστοιχα αποτελέσματα, παρουσιάστηκαν και στη μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων και ποιότητας σε κέικ από άλευρο ρυζιού, όταν χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά είδη υδροκολλοειδών, μιγμάτων τους και γαλακτωματοποιητών (*TURABI et al., 2008*).

Ακόμη, άλλη μία έρευνα το 2018 (*Saeidi et al., 2018*), αφορούσε τον εμπλουτισμό κέικ, το οποίο ήταν φτιαγμένο από αλεύρι ρυζιού, με σκόνη σπόρων ροδιού και του ενζύμου ‘τρανσγλουταμινάση’.

Βρέθηκε ότι, σε περιεκτικότητα, 25.75% σκόνης και 0.97% του ενζύμου, αυξάνει την αντιοξειδωτική δράση του κέικ, τις φυτικές ίνες και την υγρασία, μειώνει όμως το πορώδες και τον ειδικό όγκο του.

Ένα ακόμη παράδειγμα βελτιστοποίησης προϊόντων τύπου κέικ με υδροκολλοειδή, αποτελεί, η μελέτη διαφόρων υδροκολλοειδών σε κέικ, όπου μετρήθηκαν οι ρεολογικές, φυσικοχημικές ιδιότητες και η διάρκεια ζωής του προϊόντος (Gómez et al., 2007). Βρέθηκε ότι, όλα όσα δοκιμάστηκαν (ξανθάνη, καραγενάνη, guar, κόμμεα χαρουπιού και υδροξυλοπροπυλομεθυλοκυτταρίνη-HPMC), απέδιδαν ένα βελτιστοποιημένο αποτέλεσμα, εκτός από τη χρήση της πηκτίνης, που δεν έδωσε τα ίδια αποτελέσματα.

Τέλος, σε μία μελέτη (Levent & Bilgiçli, 2011) για τον εμπλουτισμό των κέικ ελεύθερων γλουτένης από άλευρο ρυζιού και άμυλο καλαμποκιού σε αναλογία 1:1, με αλεύρι λούπινου, βρέθηκε ότι σε ποσοστό εμπλουτισμού 30%, τα οργανοληπτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, ήταν ικανοποιητικά.

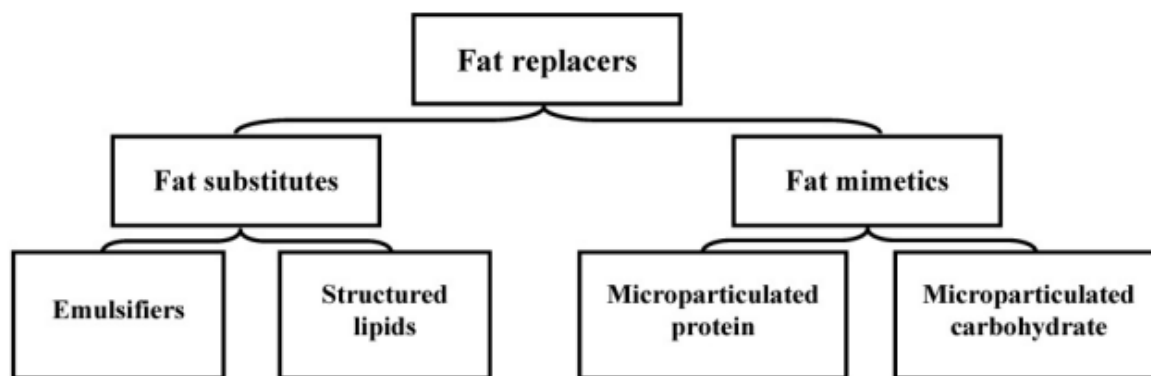
1.5 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ ΛΙΠΟΥΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ PICKERING

Οι λιπαρές ύλες στα τρόφιμα, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε λίπη (στερεή μορφή) και έλαια (υγρή μορφή). Τα λιπαρά, ορίζονται ως οι ενώσεις που είναι διαλυτές σε οργανικούς διαλύτες. Βρίσκονται συνήθως υπό τη μορφή των τριγλυκεριδίων, που αποτελούνται από τρία ελεύθερα λιπαρά οξέα, εστεροποιημένα σε ένα μόριο γλυκερόλης. Τα τριγλυκερίδια, διαθέτουν μία πολυμορφική κρυσταλλική δομή, η οποία επηρεάζει την τήξη και τις ιδιότητες που αποφέρουν τα λίπη και έλαια, όπως γεύση και υφή (Kothalawala & Marasinghe, 2018). Στην περίπτωση λιπών, όπως οι μαργαρίνες, τα δίκτυα κρυσταλλικών δομών που σχηματίζονται, επιτρέπουν την παγίδευση της υγρής λιπαρής ύλης, στο εσωτερικό. Ακόμη, επιτρέπουν την ενσωμάτωση του αέρα σε προϊόντα, για την παραγωγή αφράτης υφής (Vieira et al., 2015). Επιπλέον, ένας ακόμη ρόλος του λίπους στα προϊόντα αρτοποιίας τύπου κέικ, είναι ο σχηματισμός σταθερών γαλακτωμάτων με αντοχή στη θερμότητα. Συγκεκριμένα, κατά το ψήσιμο, λιώνουν οι κρύσταλλοι λίπους και το λάδι εκτίθεται πάνω στην επιφάνεια των κυψελών του αέρα, παρέχοντας έτσι μία επιπλέον διεπαφή, με αποτέλεσμα, οι κυψέλες να μετακινούνται από τη λιπαρή στην υδατική φάση (Demirkesen & Mert, 2019). Έτσι, προκύπτει αυξημένος όγκος και λεία υφή στο προϊόν. Από την άλλη πλευρά, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι πιο ευαίσθητα στη λιπιδική οξείδωση που υφίσταται τα λιπαρά, όταν έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Αυτό, αποτελεί αιτία περιορισμού για τη χρήση τους, καθώς σε μία τέτοια περίπτωση, μειώνεται η διάρκεια ζωής των προϊόντων και προκαλείται δυσάρεστη οσμή και γεύση σε αυτά (Vieira et al., 2015). Έτσι, έχει εδραιωθεί περισσότερο, η χρήση των κορεσμένων λιπαρών οξέων, στα προϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων.

Η ανάγκη υποκατάστασης (μερικής ή ολικής) της λιπαρής ύλης στο κέικ, έχει προκύψει λόγω των προβλημάτων που προκαλεί στην υγεία, όταν υπερκαταναλώνεται. Όπως είναι γνωστό, το λίπος που χρησιμοποιείται συνήθως για την βιομηχανική παραγωγή των κέικ, είναι είτε φυτικά έλαια (πχ. ηλιέλαιο, φοινικέλαιο, κραμβέλαιο κ.τ.λ.), είτε λίπη (πχ. μαργαρίνες-shortenings) που είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου, είτε μίγματα αυτών. Αυτοί οι συνδυασμοί λιπαρών υλών, περιέχουν σε υψηλή αναλογία, κορεσμένα λιπαρά οξέα και trans-λιπαρά, τα οποία είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία. Παραδείγματος χάρι, έχει συσχετιστεί η συχνή κατανάλωση των παραπάνω λιπαρών, με καρδιαγγειακά νοσήματα, στεφανιαία νόσο, αύξηση της LDL-χοληστερόλης και επίδραση στα μεταβολικά μονοπάτια του οργανισμού (Liu X. et al., 2022; Yazici & Sezer, 2017; de Souza et al., 2015; Siri-Tarino et al., 2010). Ακόμη, τα λίπη αποδίδουν στον οργανισμό 9 kcal/g ενέργειας, έναντι των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων, που απελευθερώνουν μόνο 4 kcal/g. Επομένως, με μία υπερκατανάλωση λιπαρών, παρέχεται αυξημένη πρόσληψη θερμίδων στον οργανισμό, γεγονός που συνδέεται με τον κίνδυνο παχυσαρκίας (Vieira et al., 2015). Έτσι, το καταναλωτικό κοινό, αναζητά έτοιμες λύσεις προϊόντων (όπως κέικ, διάφορα αρτοσκευάσματα και άλλα είδη) με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Αυτή η ανάγκη της σύγχρονης αγοράς, έχει οδηγήσει την βιομηχανία τροφίμων, στην προσπάθεια διαρκούς υποκατάστασης του λίπους στα προϊόντα που παράγει.

Ειδικότερα, όσον αφορά τα αρτοσκευάσματα τύπου κέικ, το περιεχόμενο κορεσμένο λίπος βρίσκεται σε πολύ υψηλό ποσοστό. Οι πιθανοί τρόποι αντικατάστασης αυτού, αποτελούν μία πρόκληση, καθώς όλο και περισσότερες μελέτες γίνονται, ώστε να μπορεί να προκύψει τελικά, ένα ποιοτικό, αποδεκτό τελικό προϊόν, χωρίς την αρχική περιεκτικότητα σε λιπαρά. Είναι γεγονός ότι η χρήση των λιπαρών σε ένα τρόφιμο, το καθιστά απολαυστικό για τον άνθρωπο. Αυτό σχετίζεται με τους μηχανισμούς της πέψης των λιπιδίων. Δηλαδή, ένα τρόφιμο, το οποίο είναι πλούσιο σε λιπαρά, προκαλεί αργή πέψη, με αποτέλεσμα, τα λιπίδια να παραμένουν για αρκετή ώρα στο στομάχι και να αυξάνεται έτσι, ο χρόνος κορεσμού και απόλαυσης. Επίσης, ένας άλλος ρόλος των λιπαρών στα τρόφιμα, αφορά τις ιδιότητες που προσδίδει σε αυτά, όπως είναι: η γεύση, η τρυφερότητα, η πλούσια υφή και η τραγανότητα (Marcus, J.B et al, 2013).

Επιπροσθέτως, χρήσιμο είναι να διευκρινιστεί ότι, ο όρος “fat replacers” αναφέρεται συνήθως, σε μία ένωση ή σύνολο ουσιών, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα τρόφιμα, με σκοπό την υποκατάσταση της λιπαρής ύλης. Πιο συγκεκριμένα, βιβλιογραφικά, επισημαίνεται ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες: οι “fat substitutes”, δηλαδή οι υποκαταστάτες του λίπους, που είναι συστατικά με κοντινή χημική δομή με τα λίπη, έχοντας ίδιες φυσικοχημικές ιδιότητες και οι “fat mimetics”, δηλαδή συστατικά που παρουσιάζουν εντελώς διαφορετική χημική δομή από τα λίπη, που όμως έχουν την ικανότητα να μιμούνται κάποιες επιθυμητές φυσικοχημικές ιδιότητες, όπως την αίσθηση που προκύπτει στο στόμα (mouthfeel) (Ognean et al, 2006). Ο σωστός υποκαταστάτης του λίπους, είναι εκείνος που μπορεί να το υποκαταστήσει γραμμάριο προς γραμμάριο. Οι μιμητές, αδυνατούν να αντικαταστήσουν την λιπαρή ύλη σε αναλογία 1:1 (Akoh et al, 1998).



Σχήμα 5: Ταξινόμηση αντικαταστατών λίπους (Omayma & Youssef, 2007).

Έχουν γίνει ποικίλες προσπάθειες στη χρήση διαφόρων ενώσεων ως πιθανούς υποκαταστάτες του λίπους στα τρόφιμα. Οι περισσότερες από αυτές που έχουν αναπτυχθεί είναι σύμπλοκα υδατανθράκων, κόμμεα και γέλες ή ακόμα και συνδυασμοί με άλλα τρόφιμα (Colla et al., 2018). Μερικά τέτοια παραδείγματα είναι τα ακόλουθα:

- Χρήση μίγματος υδροκολλοειδών και πρωτεΐνης, όπου βρέθηκε η κατάλληλη υποκατάσταση, να έγκειται σε ποσοστό 62.9% (Azmoon et al., 2021).
- Gel μαλτοδεξτρίνης σε υποκατάσταση 1:1, βρέθηκε ικανοποιητικό το αποτέλεσμα υποκατάστασης, σε ποσοστό 75% (Conforti & Archilla, 2001).
- Ένα σύστημα από δεξτρίνη αμύλου και β-γλυκάνη βρώμης, χρησιμοποιήθηκε ως υποκαταστάτης του λίπους σε κέικ και βρέθηκε ότι για το ποσοστό υποκατάστασης 20%, το προϊόν ήταν πολύ κοντά με το δείγμα ελέγχου, όσον αφορά τις ρεολογικές του ιδιότητες (Lee et al., 2005).
- Χρήση ινουλίνης ως υποκαταστάτη λίπους, σε κέικ τύπου παντεσπάνι, όπου βρέθηκε επιτυχές ποσοστό κοντά στο 70% (Rodríguez-García et al., 2012).
- Χρήση διαφόρων υδατανθράκων, όπως μαλτοδεξτρίνη, ινουλίνη κ.ά, όπου αξιολογήθηκε ικανοποιητική υποκατάσταση του λίπους σε κέικ, σε ποσοστό 65% (Psimouli & Oreorouli, 2013).
- Δοκιμάστηκε η χρήση “aquafaba” ρεβυθιών, ως πιθανό υποκαταστάτη του φοινικελαίου, σε ποσοστό 20%, 30% και 35%. Βρέθηκε ότι, ευνοείται η χρήση του ως υποκαταστάτη λίπους, αξιολογώντας τόσο τις ρεολογικές ιδιότητες του κέικ, όσο και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του (Grossi Boni Karatay et al., 2022).
- Σύμφωνα με διάφορες έρευνες, διαπιστώθηκε ότι το τζελ που προκύπτει από την διάλυση των σπόρων chia στο νερό, μπορεί να υποκαταστήσει σε ικανοποιητικό βαθμό το περιεχόμενο λίπος σε προϊόντα κέικ, σε ποσοστό υποκατάστασης κοντά στο 30% (Gutiérrez-Luna et al., 2021) (Fernandes & Salas-Mellado, 2017) (Felisberto et al., 2015).

Από τα παραπάνω παραδείγματα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι γίνονται συχνά, μελέτες χρήσης διαφόρων γαλακτωμάτων, ως μέσα υποκατάστασης της λιπαρής ύλης, σε προϊόντα τύπου κέικ. Η παρούσα μελέτη που πραγματοποιήθηκε, έδωσε έμφαση στη δοκιμή νανογαλακτωμάτων ως υποκαταστάτες του λίπους. Πιο αναλυτικά, με τον όρο «γαλακτώματα», αναφερόμαστε σε συστήματα διασποράς, που περιέχουν δύο ή περισσότερα μη ή μερικώς αναμίξιμα υγρά. Τα γαλακτώματα, μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την κατανομή των δύο φάσεων σε : «oil-in-water» και «water-in-oil», ανάλογα με το ποια από τις δύο φάσεις, βρίσκεται σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα (Κετικίδου, 2021). Από την άλλη, με τον όρο «νανογαλακτώματα», αναφερόμαστε στα γαλακτώματα αυτά που περιλαμβάνουν πολύ μικρό μέγεθος σωματιδίων. Συγκριτικά με τα κλασικά γαλακτώματα, τα νανογαλακτώματα διαθέτουν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία τα καθιστούν πολύ χρήσιμα για την βιομηχανία τροφίμων. Τέτοια είναι: το πολύ μικρό μέγεθός τους (100-500 nm) και η μικρή ευαισθησία σε φυσικοχημικές αλλαγές που παρουσιάζουν (Κετικίδου, 2021). Μέχρι τώρα, διερευνάται η χρήση τους, ως μέσο ενθυλάκωσης και σταθεροποίησης λιπόφιλων συστατικών (πχ. βιταμίνες, ω-3 λιπαρά οξέα, κ.ά). Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη μείωση των πρόσθετων υλών (πχ. χρωστικές, άλατα κ.ά), τα οποία προστίθενται σε ένα τρόφιμο (Κετικίδου, 2021). Επίσης, όσον αφορά τα γαλακτώματα Pickering, είναι εκείνα, που σταθεροποιήθηκαν πρώτη φορά, από στερεά σωματίδια, ως μέσο γαλακτωματοποίησης, βασισμένα στο μέγεθος των σωματιδίων. Σε σύγκριση με τα συμβατικά γαλακτώματα, τα Pickering έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: 1. Τα στερεά σωματίδια που χρησιμοποιούνται, μπορούν να σχηματίσουν ένα φιλμ στην διεπιφάνεια λαδιού-νερού, καθώς προσροφώνται μη αναστρέψιμα και έτσι να αποτρέψουν την συσσώρευση των σταγονιδίων ελαίου. 2. Δεν είναι ευαίσθητα σε εξωτερικές αλλαγές, όπως η μεταβολή του pH ή της θερμοκρασίας. 3. Χρησιμοποιούνται συνήθως βρώσιμες φυσικές ουσίες, ως στερεά σωματίδια (Chen et al., 2020). Η βιομηχανία τροφίμων ενδιαφέρεται για προϊόντα «καθαρής ετικέτας» και έτσι, τα γαλακτώματα τύπου Pickering, αποτελούν μία πρόκληση, καθώς δεν έχουν επιφανειοδραστικές ουσίες. Αποτελούν εναλλακτική λύση έναντι των επιφανειοδραστικών ουσιών, σε προϊόντα με μεγάλο ιξώδες και αφρούς. Αυτό που μπορεί να μην τα καθιστά κατάλληλα για μία πιθανή ένδειξη καθαρής ετικέτας, είναι το ότι αποτελούνται από συστήματα τροποποιημένου αμύλου (Linke & Drusch, 2017).

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

➤ Υλικά:

- Αλεύρι σίτου (Αλατίνη)
- Αλεύρι λούπινου (EAT FREE bio)
- Αποβουτυρωμένη σκόνη γάλακτος (Regilait)
- Ζάχαρη κρυσταλλική άσπρη (SUGARTIA)
- Αλβουμίνη αυγού σε σκόνη (Όλα Bio)
- Νερό (Απιονισμένο)
- Baking powder (Γιώτης)
- Αλάτι (ΚΑΛΑΣ)
- Φοινικέλαιο (Herbstore Bio)
- Άμυλο αραβοσίτου (Όλα Bio)
- Ανθεκτικό άμυλο (Resistant starch)
- Υδροξυλοπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC Sigmaaldrich.com CAS-No: 9004-65-3 Germany)
- Ξανθάνη (Sigmaaldrich.com CAS-No: 11138-66-2 Germany)
- Γκουάρ (Sigmaaldrich.com CAS-No: 9000-30-0 Germany)
- Κόμμεα χαρουπιού⁶ (Sigmaaldrich.com CAS-No: 9000-40-2 Germany)
- Γλυκομαννάνη (Konjac)
- Αιθανόλη 96%
- MCT oil (NATURES AID, Medium Chain Triglycerides, λάδι καρύδας, άοσμο και άγευστο. Περιέχει: Caprylic acid C:8=52.3g Capric acid C:10=40.2g Lauric acid C:12=0.9g)

⁶ Τα κόμμεα χαρουπιού, όπως και το γκουάρ, ονομάζονται και αυτά γλυκομαννάνες. Η διαφορά, έγκειται στο ότι το γκουάρ, έχουν παραπάνω μόρια γαλακτόζης στην αλυσίδα τους.

➤ Οργανολογία:

- Ηλεκτρικό μίξερ



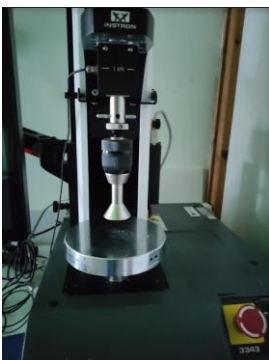
Σχήμα 6: Μίξερ τριών ταχυτήτων Hobart N50, Hobart Co., Troy, OH, Canada.

- Φούρνος ψησίματος



Σχήμα 7: Ηλεκτρικός φούρνος (Memmert) με αέρα.

- Μηχάνημα μηχανικής καταπόνησης



Σχήμα 8: Μηχανική καταπόνηση υλικών, TPA- Texture Profil Analyser, Instron 3343 Single Column Testing System, USA.

- Συσσκευή μέτρησης ενεργότητας ύδατος



Σχήμα 9: Συσσκευή μέτρησης ενεργότητας ύδατος, Rotronic HygroLab C1, Canada.

- Ψηφιακός αναδευτήρας



Σχήμα 10: Αναδευτήρας, IKA T 25 digital ULTRA-TURRAX®, Germany.

- Προχοΐδα



Σχήμα 11: Προχοΐδα που χρησιμοποιήθηκε.

- Υπέρηχοι



Σχήμα 12: Μηχάνημα υπερήχων, Sonopuls 3200, Bandelin GmbH & Co, Berlin.

- Φόρμες ψησίματος
- Φυγόκεντρος



Σχήμα 13: Φυγόκεντρος Hettich Universal 320-R, Germany.

- Μηχάνημα ξήρανσης (freeze dryer)



Σχήμα 14: Freeze dryer, MC4L, UNICRYO, Germany.

- Αυτόκλειστος αντιδραστήρας



Σχήμα 15: Αυτόκλειστος αντιδραστήρας με γεωμετρία "βόμβας".

- Αναλυτικός ζυγός



Σχήμα 16: Αναλυτικός ζυγός, Kern, Germany

- Γυάλινα τρυβλία
- Φιαλίδια (falcon) των 50mL
- Δίσκος κρώματος κέικ
- Σφαίρες σιλικόνης, με σκοπό την εκτόπιση στερεών

2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.2.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ-ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΙΤΟΥ ΜΕ ΑΛΕΥΡΟ ΛΟΥΠΙΝΟΥ

Όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό μέρος, το αλεύρι λούπινου έχει την ικανότητα να ενισχύσει διατροφικά το προϊόν, στο οποίο θα ενταχθεί. Έτσι, ο αρχικός σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν, η προσθήκη αλεύρου από λούπινο σε προϊόντα κέικ, σε διαφορετικές περιεκτικότητες, με στόχο την

μελέτη ύπαρξης ή όχι διαφοροποιήσεων ως προς τις φυσικοχημικές ιδιότητες του προϊόντος και η εύρεση ενός μέγιστου ποσοστού μερικής υποκατάστασης του αλεύρου σίτου από λούπινο, που δεν θα τροποποιεί ιδιαίτερα τις ιδιότητες αυτές. Επομένως, θα κερδίσουμε ένα τελικό προϊόν, υψηλότερο σε περιεχόμενη πρωτεΐνη, συγκριτικά με το αρχικό που είναι με αλεύρι σίτου 100%.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, παρασκευάστηκαν δείγματα κέικ σύμφωνα με την πρότυπη συνταγή (AACC 10-90.01), όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2: Αναλογίες συνταγής.

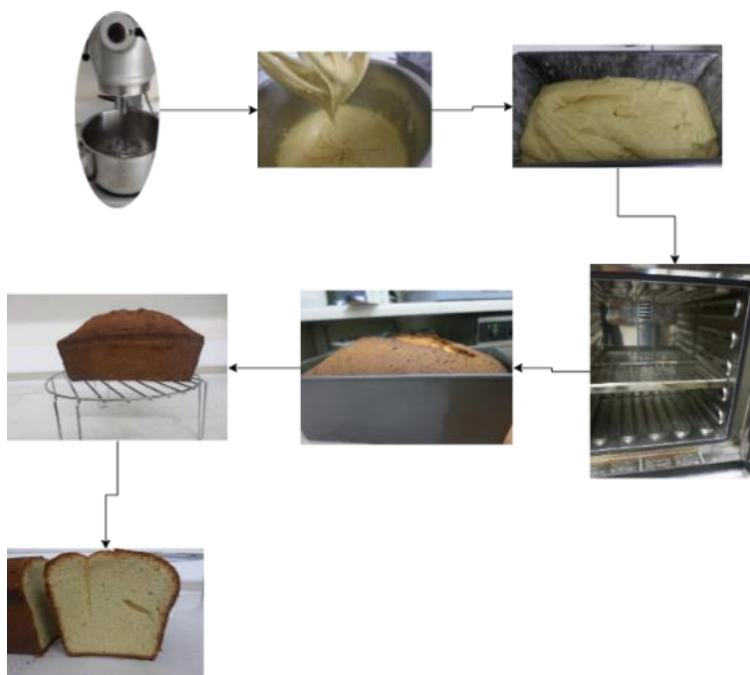
ΥΛΙΚΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ (%) ΑΛΕΥΡΟΥ) (g)
Αλεύρι	200
Ζάχαρη	280
Λίπος (Φοινικέλαιο)	100
Αλβουμίνη σκόνη	18
Γάλα αποβουτυρωμένο σε σκόνη	24
Νερό	250
Αλάτι	6
Baking powder	10

Πιο αναλυτικά, κατά το σχεδιασμό της παρούσας μελέτης, δοκιμάστηκε σε προπαρασκευαστικό επίπεδο η συνταγή, ώστε να βρεθεί ο κατάλληλος χρόνος ψησίματος, στην θερμοκρασία που υποδεικνύεται από την πρότυπη μέθοδο (172°C). Επίσης δοκιμάστηκαν διαφορετικοί φούρνοι και θέσεις ψησίματος. Αφού ορίστηκε ο κατάλληλος συνδυασμός αυτών, παρασκευάστηκαν τα δείγματα. Συγκεκριμένα, ως δείγμα ελέγχου (control), οριοθετήθηκε το κέικ με 100% αλεύρι σίτου. Στην συνέχεια, παρασκευάστηκαν κέικ με διαφορετικές περιεκτικότητες σε αλεύρι σίτου και αλεύρι λούπινου. Να σημειωθεί ότι, σε όλα τα δείγματα πραγματοποιήθηκαν τρεις τυχαίες σε σειρά επαναλήψεις, ώστε να προκύπτει αξιόπιστο και επαναλήψιμο αποτέλεσμα. Οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα, αφορούν τις φυσικοχημικές ιδιότητες των κέικ: ειδικός όγκος, υφή, ενεργότητα νερού, δείκτης όγκου, απώλεια ψησίματος % και υγρασία %. Ακολούθως, φαίνονται οι κωδικοί των δειγμάτων και οι ανάλογες περιεκτικότητες σε αλεύρι λούπινου στο καθένα.

Πίνακας 3: Συμβολισμός των δειγμάτων.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΛΕΥΡΙ ΛΟΥΠΙΝΟΥ (%)
W-100	0
L-20	20
L-35	35
L-50	50
L-80	80
L-100	100

2.2.1 Α ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΚΕΙΚ



Σχήμα 17: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας παρασκευής του κέικ.

Όλα τα δείγματα των κέικ, παρασκευάστηκαν σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο 10-90.01 AACC. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά, προθερμαίνουμε τον φούρνο στους 172°C. Έπειτα, ζυγίζουμε και κοσκινίζουμε όλα τα στερεά υλικά σε ένα περιέκτη. Στον κάδο του μίξερ, τοποθετούμε την ποσότητα της λιπαρής ύλης και 60% του νερού, ανακατεύοντας για 0.5 min, στην ταχύτητα 1 (χαμηλή, 136 rpm). Έπειτα, ρίχνουμε τα στερεά υλικά και χτυπάμε στο μίξερ για ακόμη 4 min, σε ταχύτητα 2 (μεσαία, 281 rpm). Ακολούθως, προσθέτουμε 50% του υπόλοιπου νερού και χτυπάμε για 2 min, σε ταχύτητα 2. Τέλος,

ρίχνουμε και το υπόλοιπο 50% του νερού και ομογενοποιούμε ξανά για 2 min, σε ταχύτητα 2. Τοποθετούμε στη φόρμα συγκεκριμένων διαστάσεων (20 cm εσωτερικό ύψος), 750g ζύμης και ψήνουμε στον φούρνο για 58 min. Στη συνέχεια, βγάζουμε το κέικ από τον φούρνο και αφήνουμε να κρυώσει για 1h, προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις, την ίδια ημέρα με την παρασκευή τους.

Να σημειωθεί ότι, για το αλεύρο του λούπινου, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας τους, ώστε να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις στις αναλογίες του νερού που θα προστίθενται στην συνταγή, σύμφωνα με την κάθε περιεκτικότητα σε αλεύρι λούπινου. Η μέτρηση έγινε, τοποθετώντας δείγμα αλευρου λούπινου (τελική τιμή από τρεις επαναλήψεις), σε φούρνο στους 130°C για 3h. Από τα πειραματικά δεδομένα για τις τρεις επαναλήψεις, υπολογίστηκε ότι η μέση τιμή της περιεχόμενης υγρασίας στο αλεύρι λούπινου, είναι 8,932% \cong 8% (βλ. εξίσωση 1). Αντίστοιχα, το αλεύρι σίτου περιέχει 14% υγρασία, οπότε, βάσει αυτής της απόκλισης, διαμορφώθηκαν και οι αναλογίες του νερού στο κάθε δείγμα κέικ.

2.2.1 B ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- Υγρασία προϊόντος (moisture content): Δείγματα κέικ θρυμματίστηκαν από την εσωτερική ψίχα του προϊόντος και ξηράθηκαν σε σταθερό βάρος στους 105°C για 3 ώρες, σε προξηραμένα πιάτα. Μετά την ξήρανση σε σταθερό βάρος, μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρες για να κρυώσουν σε θερμοκρασία δωματίου και από τη διαφορά νωπού και ξηρού βάρους, προσδιορίστηκε, το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας, σύμφωνα με τη πρότυπη μέθοδο AACC 44-20.01. Καταγράφηκαν 3 επαναλήψεις για το κάθε δείγμα.

$$\% \text{ Υγρασία} = \frac{\text{βάρους ξηρού δείγματος, μετά τον φούρνο (g)}}{\text{βάρους νωπού δείγματος, πριν τον φούρνο (g)}} \times 100$$

(εξίσωση 1)

- Ενεργότητα νερού (water activity- a_w): Η ενεργότητα του νερού ενός τροφίμου, είναι η αναλογία της τάσης ατμών του τροφίμου και της τάσης ατμών του νερού, όταν βρίσκεται σε ισορροπία με το περιβάλλον (U.S. Food and Drug Administration, 2018).

$$a_w = \frac{\text{τάση ατμών τροφίμου (atm)}}{\text{τάση ατμών νερού (atm)}} \quad \text{ή αλλιώς,} \quad a_w = \frac{P}{P_0}$$

(εξίσωση 2)

Τιμές του παραπάνω λόγου κοντά στο 1, υποδηλώνουν ένα τροφίμου με 100% περιεχόμενη υγρασία και κατάλληλο υπόστρωμα αλλοίωσης από μικροοργανισμούς. Τα προϊόντα τύπου κέικ με υλικά που περιέχουν αρκετή υγρασία, έχουν συνήθως τιμές a_w : 0.90-0.95 (Manitoba, 2016).

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε ως εξής:

Το μηχάνημα μέτρησης ενεργότητας νερού (Rotronic HygroLab C1) ενεργοποιήθηκε και αφέθηκε να ζεσταθεί για 30 λεπτά. Έπειτα, κάθε δείγμα μετρήθηκε, καλύπτοντας τον πυθμένα ενός πλαστικού κύπελλου μιας χρήσης με ένα μικρό μέρος από το εσωτερικό τρίμμα του κέικ και τοποθετώντας το κύπελλο στη θήκη δείγματος, λαμβάνοντας την ένδειξη ενεργότητας νερού, σε σταθερή θερμοκρασία 25°C, μετά από 20 λεπτά. Καταγράφηκαν 3 επαναλήψεις για το κάθε δείγμα.

- Δείκτης όγκου/συμμετρίας (symmetry index): Οι δείκτες όγκου και συμμετρίας υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο μέτρησης κέικ στρώσης όπως περιγράφεται στη μέθοδο AACC 10-91.01.

$$\text{δείκτης όγκου} = B + C + D$$

$$\text{δείκτης συμμετρίας} = 2C - B - D$$

$$\text{δείκτης ομοιομορφίας} = B - D$$

(εξίσωση 3)

Όπου: C: είναι το ύψος του κέικ στο κεντρικό σημείο.

B, D: είναι τα ύψη στο σημείο 5.1cm μακριά, αριστερά και δεξιά του κέντρου, αντίστοιχα. Αυτά υπολογίστηκαν βάσει της πρότυπης μεθόδου και των διαστάσεων του δείγματος κέικ που παρασκευάστηκε.

- Ειδικός όγκος (specific volume) (cm^3/g): Σχετίζεται με την εναρμόνιση των διαδικασιών όπως: η ποσότητα αέρα που συγκρατείται κατά την ανάμειξη, το CO_2 που σχηματίζεται από τη δράση του μπέικιν πάουντερ, οι ατμοί του νερού που παράγονται κατά το ψήσιμο, η κατανομή μεγέθους των φυσαλίδων και ο ρυθμός θέρμανσης και οι θερμικές αλλαγές της δομής, λόγω της μετουσίωσης των πρωτεϊνών και της ζελατινοποίησής του αμύλου. Ο ειδικός όγκος αφορά στο αντίστροφο της πυκνότητας, δηλαδή είναι ο όγκος που καταλαμβάνει η μονάδα μάζας m του σώματος (Bent et al., 2013, pp. 380–381). Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε βασισμένη στη πρότυπη μέθοδο AACC 10-05.01, με τη χρήση ενός βαθμονομημένου δοχείου από μπίλιες σιλικόνης. Η εύρεση της τιμής του ειδικού όγκου σε cm^3/g , ακολούθησε την εξίσωση:

$$\text{Ειδικός όγκος} = \frac{\text{όγκος δείγματος (cm}^3\text{)}}{\text{βάρος δείγματος (g)}}$$

(εξίσωση 4)

- Μέτρηση υφής (texture analysis):

Χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα μηχανικής καταπόνησης (TPA- Texture Profil Analyser, instron 3343 Single Column Testing System), για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, της συνεκτικότητας και της ελαστικότητας των δειγμάτων κέικ, με τη μέθοδο: TPA bread / cake / crumb cube Specimen 2 cm. Πιο συγκεκριμένα, το κάθε δείγμα, μετά το κρύωμα, κόπηκε σε κύβους 2x2x2 cm, από την φέτα του κέικ που διέρχεται από το κεντρικό του σημείο. Ο κάθε κύβος, τοποθετήθηκε στο μηχάνημα και συμπιέστηκε δύο φορές, σε ποσοστό 50% του αρχικού του ύψους, με ταχύτητα εμβόλου 40 mm/min. Μετά από 10s, πραγματοποιήθηκε και ο δεύτερος κύκλος συμπίεσης. Χρησιμοποιήθηκε ένας συμπιεστής με κωνική γεωμετρία και η δύναμη ενεργοποίησης ορίστηκε στα 50N. Τα αποτελέσματα καταγράφηκαν με τη χρήση του λογισμικού Instron Bluehill Software.

Αναλυτικότερα, οι ιδιότητες για τις οποίες μπορούμε να λάβουμε πληροφορίες, ορίζονται ως:

- Hardness (σκληρότητα) (N): είναι η μέγιστη δύναμη που εμφανίζεται στη πρώτη συμπίεση.
- Cohesiveness (συνοχή): είναι η θετική δύναμη σε N, κατά τη διάρκεια της 1^{ης} και της 2^{ης} συμπίεσης. Η συχογή, σχετίζεται με την ενέργεια που απαιτείται, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η δεύτερη συμπίεση (σχήμα 18).

$$Cohesiveness = \frac{Area\ 2}{Area\ 1}$$

(εξίσωση 5)

- Springiness (ελαστικότητα): αφορά στην ανάκτηση του δείγματος, κατά την χρονική καθυστέρηση μεταξύ των δύο κύκλων συμπίεσης. Η ελαστικότητα της ζύμης, σχετίζεται τόσο με τη συνοχή, όσο και με τη σκληρότητα. Επομένως, όσο πιο μαλακό και συνεκτικό είναι το προϊόν, τόσο πιο εύκολα ανακτά τη δομή του, μετά την συμπίεση.

$$Springiness = \frac{Distance\ 2}{Distance\ 1}$$

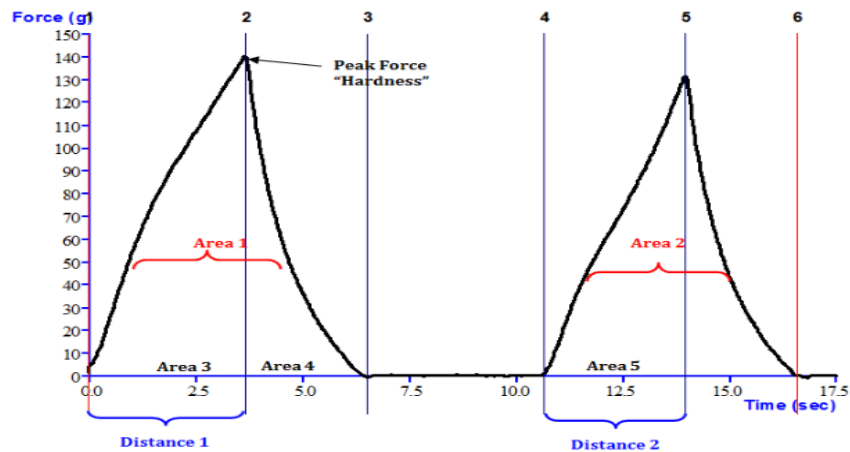
(εξίσωση 6)

- Fracturability – Fo (ευθραυστότητα): είναι η μέγιστη δύναμη που ασκείται σε N, κατά τη πρώτη σημαντική κορυφή (σχήμα 19).
- Chewiness (μασητικότητα) (N): είναι παράγοντας μέτρησης που εκφράζεται ως:

$$Chewiness = firmness \times springiness \times cohesiveness$$

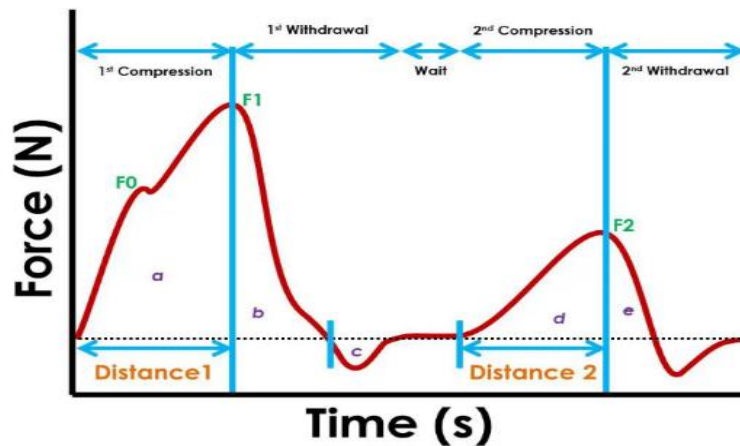
(εξίσωση 7)

Όπου:



Σχήμα 18: Γραφική απεικόνιση των όρων που αναφέρονται στις εξισώσεις (Texture Profile Analysis, n.d.).

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε από το μηχάνημα μηχανικής καταπόνησης Instron, έχουν την μορφή:



Σχήμα 19: Γραφική απεικόνιση της μορφής (διάγραμμα δύναμης – χρόνου) των αποτελεσμάτων που παίρνουμε από τον αναλυτή υφής (Texture Analysis and Texture Profile Analysis, n.d.).

Η τιμή F_0 (N) που βλέπουμε πριν την πρώτη καμπύλη, αποτελεί μία χαρακτηριστική αναμενόμενη απεικόνιση όταν αναλύεται προϊόν, που έχει την τάση να παραμορφώνεται. Ονομάζεται ικανότητα θραύσης (Fracturability) και είναι μία παράμετρος που δίνεται από τη δύναμη του φορτίου στην πρώτη σημαντική κορυφή. Πολλές φορές, μπορεί η τιμή της να ταυτιστεί με αυτή της σκληρότητας. Επίσης, η δύναμη που ασκείται και φαίνεται ως κορυφή στον πρώτο κύκλο συμπίεσης, είναι η σκληρότητα. Η ελαστικότητα, αφορά την περιοχή που σχηματίζεται κατά τον δεύτερο κύκλο, από την αρχή του και

μέχρι να βγει η κορυφή. Τέλος, η συνεκτικότητα, προκύπτει από τον λόγο των επιφανειών της δεύτερης καμπύλης προς την πρώτη.

Όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζεται θεωρητικά η έννοια της υφής, ορίζεται ως το σύνολο των στοιχείων που έχει ένα προϊόν, τα οποία προκύπτουν από τις φυσικές του ιδιότητες. Επίσης, η υφή καθίσταται αντιληπτή, ως συνδυασμός των αισθήσεων της αφής, της ακοής και της όρασης. Επιπλέον, όσον αφορά την μάσηση, είναι η έννοια που αντικατοπτρίζει την αξιολόγηση της υφής ενός τροφίμου (Chuang & Yeh, 2006). Να σημειωθεί ότι, η υφή και τα χαρακτηριστικά που έχει, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για την τελική αποδοχή ενός τροφίμου από τους καταναλωτές (Herrero et al., 2007). Από το παρελθόν μέχρι σήμερα, πολλές ενόργανες μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί τεχνολογικά, προκειμένου να προσδιορίζεται η υφή διαφόρων υλικών. Στις μέρες μας, συνήθως χρησιμοποιείται συχνότερα η μέθοδος ανάλυσης του προφίλ της υφής (TPA) και αυτό, για το λόγο ότι έχει την ικανότητα να προσομοιάζει όλα τα στάδια της διαδικασίας της μάσησης στον άνθρωπο (Herrero et al., 2008).

Πιο αναλυτικά, ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μίμηση είναι ο ακόλουθος: πρώτα, με την παροχή ενός εμβόλου, το μηχάνημα (TPA) έρχεται σε επαφή με το προϊόν. Έπειτα, το έμβολο, αρχίζει να κάνει επαναλαμβανόμενες κινήσεις πάνω και κάτω, συμπιέζοντας το τρόφιμο. Η δύναμη που ασκείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, καταγράφεται σ'έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στην συνέχεια, μετά την πρώτη συμπίεση («δάγκωμα»), πραγματοποιείται και μία δεύτερη. Όσο διαρκεί ο κύκλος της διπλής συμπίεσης που λαμβάνει χώρα, καταγράφεται η αντίσταση, που προκύπτει από τη παραμόρφωση του τροφίμου (Rosenthal., 1999). Συμπερασματικά, όταν η κεφαλή του εμβόλου ακουμπήσει το τρόφιμο, δείχνει τη δύναμη (σκληρότητα) που χρειάζεται για το «δάγκωμα» και έτσι σχηματίζεται η πρώτη κορυφή. Ακολούθως, δείχνει τη δύναμη που χρειάζεται ώστε να αποκολληθεί το τρόφιμο. Η ικανότητα θραύσης, αφορά αντίστοιχα την δυνατότητα των κοπτήρων στο στόμα, να σπάνε την τροφή σε μικρά κομμάτια και τέλος, η μασητικότητα, μιμείται τον αριθμό των μασημάτων που απαιτούνται στην τροφή, προκειμένου να επέλθει η κατάποση (Paula & Conti-Silva, 2014). Στην παρούσα μελέτη, υπολογίστηκαν όλοι οι παράμετροι που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα αποτελέσματα των παραμέτρων, παρουσιάζονται ως διαγράμματα δύναμης προς χρόνο.

- Απώλεια ψησίματος (baking loss):

Η απώλεια ψησίματος (baking loss), εκφράζεται ως την απώλεια της υγρασίας κατά τη διάρκεια του ψησίματος του προϊόντος και μετριέται ως διαφορά του βάρους, πριν και μετά το ψήσιμο (Kweon et al., 2016).

Όσον αφορά το ψήσιμο, είναι μία αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, κατά την οποία πραγματοποιούνται διάφορες αλλαγές στο τρόφιμο, όπως, χημικές, βιοχημικές και φυσικές. Ειδικότερα, το ψήσιμο, φαίνεται να λαμβάνει χώρα σε τρεις φάσεις: πρώτα απ' όλα, αρχίζει το στάδιο επέκτασης της ζύμης και η απώλεια της περιεχόμενης υγρασίας. Όταν φτάσουν σε ένα ανώτατο όριο, τότε έχει επέλθει η

δεύτερη φάση. Στην τρίτη φάση, εντός του πλέγματος της ζύμης, καταρρέει η δομή των κυττάρων του αέρα και έτσι αυξάνεται η πίεση των ατμών, μειώνοντας τόσο το ύψος του τροφίμου που ψήνεται, όσο και τον ρυθμό με τον οποίο λαμβάνει χώρα η απώλεια της υγρασίας. Αυτές οι φάσεις, αλληλεπικαλύπτονται μεταξύ τους. Η έννοια της απώλειας υγρασίας, ερμηνεύεται ως απώλεια βάρους. Για τη διαδικασία αυτή, είναι μείζονος σημασίας όλοι οι μηχανισμοί διάχυσης που πραγματοποιούνται, ώστε να γίνει η μετανάστευση του νερού στην επιφάνεια του προϊόντος (Al-Muhtaseb et al., 2010). Ακόμη, καθώς σχηματίζεται η κρούστα στην επιφάνεια, επηρεάζει και την ποσότητα της υγρασίας που θα εξατμιστεί. Με μεγαλύτερη απώλεια υγρασίας, δημιουργείται μία παχύτερη κρούστα.

$$\% \text{ Απώλεια ψησίματος} = \frac{\text{βάρους ζύμης πριν το φούρνο} - \text{βάρους ζύμης μετά το φούρνο} (g)}{\text{βάρους ζύμης μετά το φούρνο} (g)} \times 100$$

(εξίσωση 8)

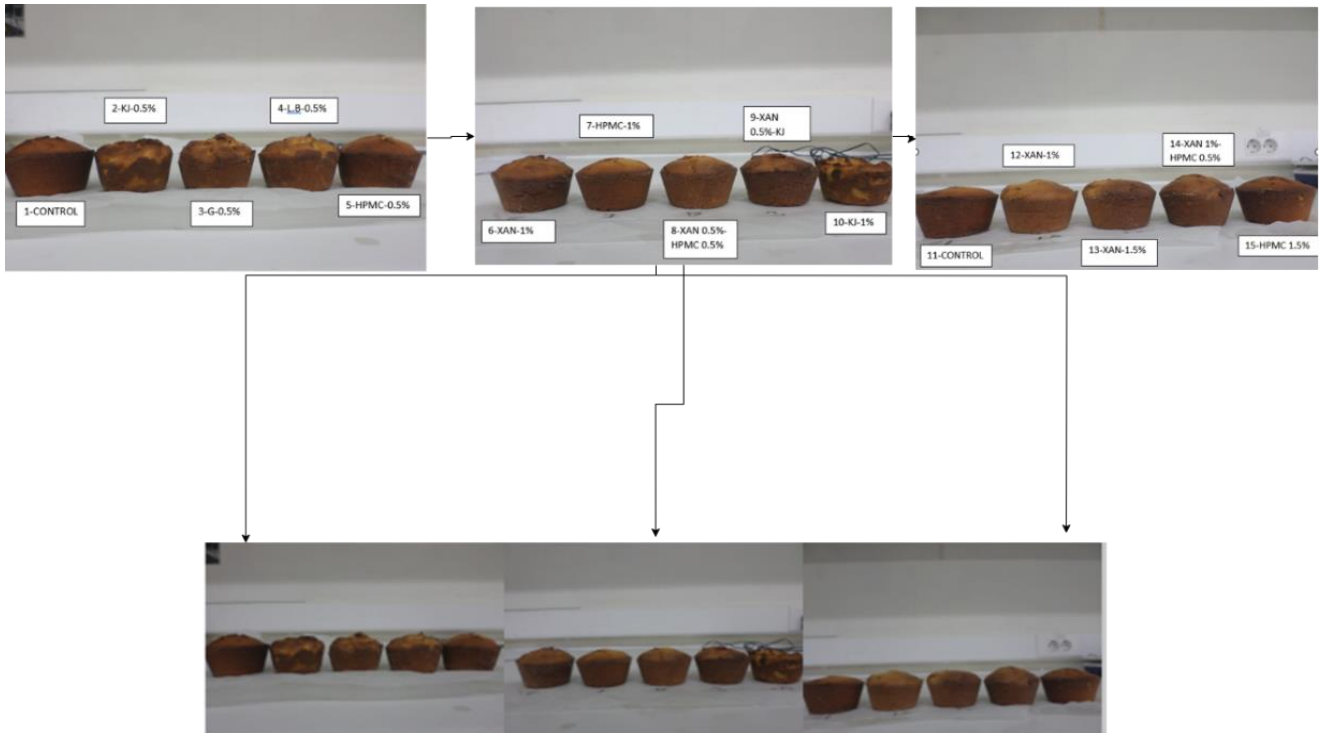
2.2.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ-ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΕΙΚ ΛΟΥΠΙΝΟΥ ΜΕ ΥΔΡΟΚΟΛΛΟΕΙΔΗ

Στο δεύτερο τμήμα της παρούσας μελέτης, έγινε προσπάθεια βελτιστοποίησης του δείγματος κέικ με 100% αλεύρι λούπινου (δείγμα control). Ο στόχος ήταν, να βρεθεί ένα κατάλληλο υδροκολλοειδές ή/και συνδυασμός τους, όπου θα συνέβαλαν θετικά στην τροποποίηση του αρχικού, βελτιώνοντας τις φυσικοχημικές ιδιότητές του. Επομένως, θα προέκυπτε ένα τελικό προϊόν “gluten-free”, με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και σε πρότυπο επίπεδο, κοινώς αποδεκτό.

Αρχικά, πριν την έναρξη του δεύτερου μέρους, έλαβαν χώρα κάποια προπειράματα, τα οποία αφορούσαν προϊόντα τύπου muffin, και ήταν προσαρμοσμένα ακριβώς, στις αναλογίες της αρχικής συνταγής των κέικ. Αυτό είχε ως σκοπό, να δοκιμαστούν διάφορα είδη υδροκολλοειδών ή/και συνδυασμοί τους, σε μικρότερη κλίμακα, ώστε να έχουμε οικονομία των πρώτων υλών. Οι συνδυασμοί των υδροκολλοειδών που δοκιμάστηκαν, προήλθαν έπειτα από βιβλιογραφική αναζήτηση για παρόμοιες μελέτες. Έχει αποδειχθεί ότι τα υδροκολλοειδή έχουν καλά λειτουργικά χαρακτηριστικά (πχ. διαλυτότητα, βελτίωση υψής και ικανότητα γαλακτωματοποίησης). Στα προϊόντα αρτοποιίας, βελτιώνουν συνήθως την απόδοση της ζύμης, τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και την συνολική ποιότητα, όπως τη διάρκεια ζωής (Salehi, 2019). Αυτός, είναι και ο λόγος που επιλέχθηκαν ως μέσο βελτιστοποίησης για αυτή την εργασία.

Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε στο 2^ο μέρος, καθώς και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα παρασκευάσματα, είναι ίδιες με αυτές του πρώτου μέρους.

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνονται οι προσθήκες υδροκολλοειδών που έγιναν, και η οπτική διαφοροποίηση στον όγκο και στο σχήμα του κάθε προϊόντος.



Σχήμα 20: Απεικόνιση των muffin, με τη χρήση διαφορετικών υδροκolloειδών.

Πίνακας 4: Συμβολισμός δειγμάτων και ερμηνεία συντομογραφιών.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ
Κονjac - γλυκομαννάνη	Kj
Guar - γκουάρ	G
Locust bean gum - χαρούπι	L.B
Hydroxypropylmethylcellulose - υδροξυλοπροπυλομεθυλοκυτταρίνη	HPMC
Xanthan - ξανθάνη	XAN

Πίνακας 5: Κωδικοί δειγμάτων με τις αντίστοιχες περιεκτικότητες υδροκολλοειδών, στα muffin.

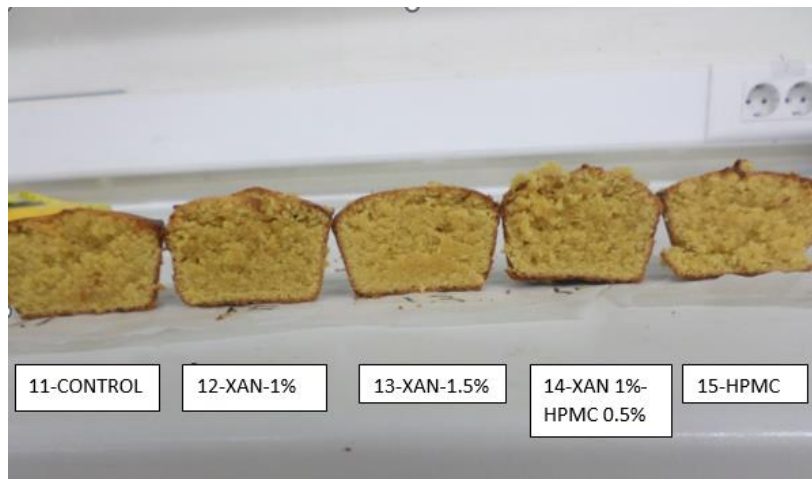
ΑΡΙΘΜΟΣ MUFFIN	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΛΕΥΡΙ ΛΟΥΠΙΝΟΥ (%)	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ % ΥΔΡΟΚΟΛΛΟΕΙΔΟΥΣ (ΕΠΙ ΑΛΕΥΡΟΥ)
1	L-100 - control	100	0
2	Kj 0.5%	100	0.5
3	G 0.5%	100	0.5
4	L.B 0.5%	100	0.5
5	HPMC 0.5%	100	0.5
6	XAN 1%	100	1
7	HPMC 1%	100	1
8	XAN 0.5% & HMPC 0.5%	100	0.5 XAN 0.5 HPMC
9	XAN 0.5% & Kj 0.5%	100	0.5 XAN 0.5 Kj
10	Kj 1%	100	1
11	L-100 - control	100	0
12	XAN 1%	100	1
13	XAN 1.5%	100	1.5
14	XAN 1% & HMPC 0.5%	100	1 XAN 0.5 HPMC
15	HPMC 1.5%	100	1.5%

Στο κάθε muffin που προέκυψε, μετρήθηκε η τιμή του ύψους με τη βοήθεια ενός χάρακα, από το κεντρικό σημείο της κορυφής, μέχρι την κάτω επιφάνειά του. Έπειτα, αυτές οι τιμές που προέκυψαν, συγκρίθηκαν με την τιμή του control (κέικ με 100% αλεύρι λούπινου), το οποίο δεν περιείχε κανένα υδροκολλοειδές, ώστε να δούμε αν παρουσίαζαν κάποια μικρή διαφοροποίηση. Επίσης, αξιολογήθηκε εξίσου και η εμφάνιση του κάθε δείγματος, αναφορικά πάντα, με το δείγμα του control. Κανονικά, θα ήταν ορθό να πραγματοποιηθούν τουλάχιστον τρεις επαναλήψεις για κάθε δοκιμή, όμως αυτό δεν ήταν εφικτό και έτσι, έγιναν λιγότερες, ώστε να παρατηρηθεί τουλάχιστον μία σχετική τάση του προϊόντος, μετά την κάθε προσθήκη και να εφαρμοστεί στη συνέχεια, σε δείγματα κέικ. Οι τιμές που λάβαμε για τα ύψη ήταν οι ακόλουθες:

Πίνακας 6: Αποτελέσματα ύψους, για κάθε δείγμα muffin.

ΑΡΙΘΜΟΣ MUFFIN	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ (cm)
1	L-100 - control	4.7
2	Kj 0.5%	4.2
3	G 0.5%	4.5
4	L.B 0.5%	4
5	HPMC 0.5%	4.7
6	XAN 1%	5
7	HPMC 1%	4.6
8	XAN 0.5% & HMPC 0.5%	4.7
9	XAN 0.5% & Kj 0.5%	4.4
10	Kj 1%	4
11	L-100 - control	4.6
12	XAN 1%	4.7
13	XAN 1.5%	4.9
14	XAN 1% & HMPC 0.5%	4.8
15	HPMC 1.5%	4.5

Στην ακόλουθη φωτογραφία, παρουσιάζεται το εσωτερικό μέρος των muffin, για όλα εκείνα τα δείγματα που οι τιμές του ύψους τους, έδωσαν μία πιθανή βελτίωση, σε σχέση με το δείγμα ελέγχου.



Σχήμα 21: Απεικόνιση εσωτερικής φέτας, από τα καλύτερα δείγματα που προέκυψαν στα πειράματα.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα και από το οπτικό αποτέλεσμα που αποτυπώνεται στις εικόνες, αποφασίστηκε ότι η Ξανθάνη (Xanthane) και η Υδροξυλοπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC), τόσο ξεχωριστά, όσο και σε συνδυασμό, έδιναν ένα καλύτερο ύψος, δομή και σχήμα, στο αρχικό muffin με 100% αλεύρι λούπινου. Έτσι, σε συνέχεια της πειραματικής διαδικασίας, εφαρμόστηκαν αυτά τα είδη στα δείγματα των κέικ, με διαφορετικούς συνδυασμούς περιεκτικότητας των υδροκολλοειδών. Επίσης δοκιμάστηκε η προσθήκη αμύλου αραβοσίτου, σε κέικ λούπινου που περιείχε 1.5% ξανθάνη, ώστε να παρατηρηθεί αν θα προσδώσει κάποια επιπλέον σταθερότητα στην δομή (βλ. “συζήτηση αποτελεσμάτων”). Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι κωδικοί των δειγμάτων κέικ και οι περιεκτικότητες % αλεύρου, στα υδροκολλοειδή που περιείχαν.

Πίνακας 7: Κωδικοί δειγμάτων με τις αντίστοιχες περιεκτικότητες υδροκολλοειδών, για τα κέικ.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ % ΤΟΥ	
	ΑΛΕΥΡΙ (%)	ΛΟΥΠΙΝΟΥ ΥΔΡΟΚΟΛΛΟΕΙΔΟΥΣ (ΕΠΙ ΑΛΕΥΡΟΥ)
<i>L-100 (CONTROL)</i>	100	0
<i>L-100 1% X</i>	100	1 xan
<i>L-100 1.5% X</i>	100	1.5 xan
<i>L-100 2% X</i>	100	2 xan
<i>L-100 1 % X 0.5% HPMC</i>	100	1 xan 0.5 HPMC
<i>L-100 X 1.33% HPMC 0.66%</i>	100	1.33 xan 0.66 HPMC
<i>L-100 X 1,5% Starch 10%</i>	100	1.5 xan 10 άμυλο
<i>L-100 X 1,5% Starch 20%</i>	100	1.5 xan 20 άμυλο

Να σημειωθεί ότι, κατά την παρασκευή των κέικ με τα υδροκολλοειδή, η μόνη διαφοροποίηση της πειραματικής διαδικασίας, σε σχέση με το μέρος πρώτο ήταν ότι: Το στερεό υδροκολλοειδές, ζυγίστηκε σε αναλυτικό ζυγό και προστέθηκε στην μισή ποσότητα νερού. Έπειτα, αφέθηκε να διαλυθεί υπό ανάδευση με μαγνητικό αναδευτήρα, πάνω σε θερμαντική πλάκα, σε σταθερή θερμοκρασία 40°C. Τέλος, προστέθηκε το μίγμα νερού – υδροκολλοειδούς στον κάδο του μίξερ μαζί με τη λιπαρή ύλη, προκειμένου να συνεχιστεί κανονικά, η παρασκευή των δειγμάτων, όπως αναφέρεται στο μέρος πρώτο.

2.2.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ-ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΙΝΙΚΕΛΑΙΟΥ ΑΠΟ ΝΑΝΟΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ

Στο τελευταίο μέρος της παρούσας μελέτης, πραγματοποιήθηκε μία προσπάθεια να γίνει υποκατάσταση της λιπαρής ύλης του αρχικού κέικ (φοινικέλαιο), από μίγματα νανογαλακτωμάτων, τύπου Pickering (από ανθεκτικό άμυλο). Στόχος ήταν, να βρεθεί ένα πιθανό ποσοστό υποκατάστασης του φοινικελαίου, στο οποίο, το κέικ θα παρουσιάζει παραπλήσιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το αρχικό κέικ control. Σε αυτό το μέρος της εργασίας, το κέικ-control αποτέλεσε το ήδη βελτιστοποιημένο κέικ που προέκυψε από το μέρος δεύτερο και όλες οι δοκιμές υποκαταστάσεων έγιναν συγκριτικά με αυτό.

Η πειραματική διαδικασία του τρίτου μέρους εξελίχθηκε σε τρία επιμέρους στάδια:

i. Παρασκευή νανοσωματιδίων

Αρχικά, παρασκευάστηκε εναιώρημα αμύλου αραβοσίτου υψηλής αμυλόζης (5% w/v), όταν διαλύθηκε ξηρό άμυλο σε απεσταγμένο νερό, υπό μηχανική ανάδευση σε ταχύτητα 1000 rpm και σταθερή θερμοκρασία δωματίου 27°C. Ο φούρνος αφέθηκε να προθερμανθεί στους 150°C και αφότου έπιασε θερμοκρασία, τοποθετήθηκε σε αυτόν, ένας αυτόκλειστος αντιδραστήρας με γεωμετρία “βόμβας”, ο οποίος περιείχε το εναιώρημα αμύλου που παρασκευάσαμε. Παρέμεινε στον φούρνο για 3 ώρες, ενώ κάθε 15 λεπτά, πραγματοποιούσαμε ανάδευση. Μετά τη θέρμανση, το αυτόκλειστο μεταφέρθηκε σε παγόλουτρο για 5 λεπτά, έως ότου κρυώσει. Ακολούθως, η πάστα αμύλου που είχε δημιουργηθεί, τοποθετήθηκε σ’ ένα ποτήρι ζέσεως. Με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου, τοποθετήσαμε 100mL αιθανόλης (σε αναλογία συγκέντρωσης 1:1 με το διάλυμα αμύλου) και αφήσαμε να πέφτει στάγδην εντός του ποτηριού ζέσεως, υπό ανάδευση στις 1500rpm, με τη βοήθεια ψηφιακού αναδευτήρα για 2 ώρες. Στην συνέχεια, σε τέσσερα φιαλίδια των 50 mL (falcon), ζυγίσαμε ισόποση ποσότητα από το διάλυμα που παρασκευάσαμε και τα φυγοκεντρήσαμε στις 9000rpm για 10 λεπτά στους 4°C. Τέλος, απορρίφθηκε το υπερκείμενο υγρό και συλλέχθηκε το διήθημα όπου και φυλάχθηκε στην κατάψυξη, έως ότου γίνει η παρασκευή όλης της ποσότητας που είχαμε υπολογίσει ότι θα χρειαστεί. Αφού συγκεντρώθηκε η επαρκής ποσότητα, τα ιζήματα που προέκυψαν με τα νανοσωματίδια αμύλου, λυοφιλοποιήθηκαν σε μηχανήμα freeze-dryer, στους -60°C για 48 ώρες. Τα νανοσωματίδια που προέκυψαν ονομάζονται a-SNPs (Apostolidis et al., 2023).

ii. Παρασκευή νανογαλακτωμάτων

Σε επόμενο στάδιο, πραγματοποιήθηκε η επαναδιάλυση των ξηρών νανοσωματιδίων αμύλου που φτιάξαμε σε απεσταγμένο νερό, αναλογίας 3% w/v (3g νανοσωματιδίων σε 100mL απιονισμένο νερό). Μετέπειτα, η διασπορά που πραγματοποιήθηκε σε πλαστικό συλλέκτη (περίπου 60ml κάθε φορά). Αφέθηκε να ομογενοποιηθεί εντός λουτρού πάγου, με τη χρήση μηχανήματος υπερήχων (20kHz), για διαφορετικά χρονικά διαστήματα (0min, 15min, 30min, 45min, 60min, 75min), με σκοπό να ελεγχθεί το μέγεθος των σωματιδίων. Οι υπέρηχοι λειτούργησαν σε πλάτος 40% με παλμό 3s on/3s off (Apostolidis et al., 2023). Να σημειωθεί ότι, ο πάγος χρησιμεύει, ώστε να μην γίνει ζελατινοποίηση του αμύλου, λόγω υψηλής θερμοκρασίας. Επίσης, οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται με σκοπό να σπάσουν ήπια τους κόκκοι αμύλου που έχουν κολλήσει. Μέσω της χαμηλής συχνότητας, οι δεσμοί υδρογόνου σπάνε ήπια, χωρίς να επηρεάζεται περαιτέρω το άμυλο.

Στην συνέχεια, παρασκευάσαμε γαλάκτωμα, το οποίο περιείχε 3%w/v συγκέντρωση νανοσωματιδίων (όπως αναφέρθηκε) και 5% v/v λιπαρή φάση, όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιήσαμε το MCT oil (Μεσαίας Αλύσου Τρυγλικερίδιο), το οποίο είναι σε

υγρή μορφή. Κάνοντας τους κατάλληλους υπολογισμούς, τοποθετήσαμε σε φιαλίδια των 20mL, 19mL διαλύματος αμύλου και 1mL λαδιού, με τη βοήθεια πιπέτας ακριβείας. Ακολούθως, το μίγμα αναδεύτηκε ψηφιακά στις 20.000rpm για 5.5min και έπειτα ομογενοποιήθηκε στους υπερήχους συνεχόμενα για 1min και με παλμό, για ακόμη 1min.



Σχήμα 22: Αριστερά φαίνεται η σκόνη των νανοσωματιδίων και δεξιά το παραγόμενο γαλάκτωμα νανοσωματιδίων.

iii. Παρασκευή και μέτρηση των κέικ

Στο τελευταίο τμήμα του τρίτου μέρους της εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τα νανογαλακτώματα που παρασκευάστηκαν, ως υποκαταστάτες του φοινικελαιίου. Πιο αναλυτικά, δείγματα κέικ παρασκευάστηκαν, σε αναλογίες υποκατάστασης της λιπαρής ύλης: 15%, 35%, 50% και 75%. Επιπλέον, παρασκευάστηκε και ένα δείγμα κέικ, το οποίο αντί του φοινικελαιίου, περιείχε 100% το λάδι που χρησιμοποιήσαμε για την παρασκευή των νανογαλακτωμάτων, με σκοπό να δούμε τη συμπεριφορά του προϊόντος, σε σύγκριση με το αρχικό. Έτσι, στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται τα δείγματα κέικ με τις αντίστοιχες περιεκτικότητες σε υποκαταστάτες λίπους.

Να τονιστεί ότι:

- Για όλα τα δείγματα ακολουθήθηκε η ίδια παρασκευαστική διαδικασία, όπως αυτή περιγράφεται στο μέρος 1^ο.
- Τα γαλακτώματα παρασκευάζονταν κάθε φορά, μία μέρα πριν την χρήση τους στο κέικ, και φυλασσόταν στο ψυγείο.
- Οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα, ήταν ίδιες, όπως περιγράφονται στο μέρος 1^ο.
- Πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις για κάθε δείγμα κέικ, λόγω του ότι ήταν δύσκολη η υψηλή ποσοτικά παρασκευή των νανοσωματιδίων.

Πίνακας 8: Κωδικοί δειγμάτων, με τις αντίστοιχες περιεκτικότητες του κάθε υποκαταστάτη.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΛΕΥΡΙ ΛΟΥΠΙΝΟΥ (%)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΦΟΙΝΙΚΕΛΑΙΟΥ (g)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΗ (g)	ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
<i>L-100</i> <i>1.5%</i> <i>(CONTROL)</i>	<i>XAN</i>	100	100	0	-
<i>L-100</i> <i>1.5%</i> <i>15%</i>	<i>XAN</i> <i>sub</i>	100	85	15	100:15
<i>L-100</i> <i>1.5%</i> <i>35%</i>	<i>XAN</i> <i>sub</i>	100	65	35	100:35
<i>L-100</i> <i>1.5%</i> <i>50%</i>	<i>XAN</i> <i>sub</i>	100	50	50	100:50
<i>L-100</i> <i>1.5%</i> <i>75%</i>	<i>XAN</i> <i>sub</i>	100	25	75	100:75
<i>L-100</i> <i>1.5%</i> <i>OIL</i>	<i>XAN</i> <i>MCT-</i>	100	0	100 (MCT-OIL)	100:100

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

Ο στόχος του πρώτου μέρους της μελέτης, αφορούσε την υποκατάσταση του κέικ με άλευρο σίτου, από διαφορετικές περιεκτικότητες άλευρου λούπινου, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Η έρευνα αυτή έλαβε χώρα, ώστε να διερευνηθεί έναν υπάρχει κάποιο ποσοστό υποκατάστασης του άλευρου σίτου από λούπινο, στο οποίο, το δείγμα κέικ, δεν θα παρουσιάζει κάποια έντονη αλλαγή στις ιδιότητές του, κατά τη προσθήκη λούπινου. Έτσι, θα προκύψει ένα τελικό προϊόν, όπου από τη μία μεριά θα έχει παρόμοιες ιδιότητες με το κέικ του σίτου (περιεκτικότητας 100%) και από την άλλη, θα αυξηθεί η περιεχόμενη ποσότητα του προϊόντος σε πρωτεΐνη. Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, παρασκευάστηκαν δείγματα κέικ με διαφορετικές περιεκτικότητες σε αλεύρι λούπινου (0%, 20%, 35%, 50%, 80%, 100%) και μετρήθηκαν οι ακόλουθες φυσικοχημικές ιδιότητες: ειδικός όγκος (cm^3/g), ενεργότητα νερού, υφή (N), υγρασία (%), απώλεια ψησίματος (%), δείκτης όγκου. Τα δεδομένα που πήραμε, φαίνονται στους παρακάτω πίνακες, ξεχωριστά τόσο για την κάθε ιδιότητα, όσο και συγκριτικά της κάθε διαφορετικής περιεκτικότητας λούπινου, με το control που είναι το κέικ με 100% αλεύρι σίτου (W-100).

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με την χρήση του στατιστικού πακέτου: Statgraphics. Μέσω αυτού, πήραμε τις πληροφορίες από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και δημιουργήσαμε τους παρακάτω πίνακες, που εμφανίζονται στην συνέχεια. Σκοπός από αυτά ήταν να διαπιστώσουμε, κατά πόσο τα πειραματικά δεδομένα υποστηρίζουν σ' ένα επίπεδο σημαντικότητας 5%, ότι τα κέικ με διαφορετικά ποσοστά λούπινου, διαφέρουν ως προς το κέικ που περιέχει 100% αλεύρι σίτου. Δηλαδή, αν όντως το υποστηρίζουν, τότε θα ήταν δύσκολο εμπορικά να δημιουργηθεί ένα αντίστοιχο προϊόν αρτοποιίας, τύπου κέικ, μόνο με απλή υποκατάσταση του αλεύρου και αυτό διότι, οι φυσικοχημικές ιδιότητες, δεν θα ήταν σε κοντινά επίπεδα με τα πρότυπα.

Πιο αναλυτικά, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 9), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του ειδικού όγκου (cm^3/g), είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 3.8% μέχρι 12.4%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πώς διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 7.5% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 9.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί μερική ή ολική υποκατάσταση σε κέικ με 100% αλεύρι σίτου, από αλεύρι λούπινου, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του άλευρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικότητας στο κέικ, στον ειδικό όγκο. Δηλαδή, οι τιμές ειδικού όγκου, αποτελούν την εξαρτημένη μεταβλητή (εκείνη που θεωρούμε ως τυχαία), ενώ οι ποσότητες άλευρου από λούπινο, αποτελούν την ανεξάρτητη μεταβλητή (εκείνη που θεωρούμε ως ελεγχόμενη). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 9) από το t-έστ για τους μέσους όρους των τιμών του ειδικού όγκου (cm^3/g) του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 9: Δεδομένα από το Statgraphics, για τον ειδικό όγκο.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ (cm^3/g)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P- value (F- test)
W-100 (control)	1.7509	0.1061	0.2069	6.0621		
L-20	1.7386	0.1487	0.2943	8.5544	0.01	0.9128
L-35	1.5917	0.0613	0.1222	3.8502	5.07	0.0876
L-50	1.5157	0.1275	0.2539	8.4120	6.03	0.0700
L-80	1.5004	0.1858	0.2628	12.3852	3.96	0.1407
L-100	1.4125	0.1085	0.1536	7.6902	12.01	0.0405

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 10), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της ενεργότητας του νερού, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής

μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 1.18% μέχρι 5.66%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 3,8% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 10.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλευρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικότητας στο κέικ, στην ενεργότητα του νερού. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 10) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της ενεργότητας νερού του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 10: Δεδομένα από το Statgraphics, για την ενεργότητα νερού.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
W-100 (control)	0.896	0.051	0.101	5.657		
L-20	0.908	0.042	0.083	4.595	0.10	0.7674
L-35	0.879	0.010	0.02	1.184	0.31	0.6067
L-50	0.922	0.025	0.047	2.685	0.64	0.4694
L-80	0.901	0.036	0.051	4.005	0.01	0.9220
L-100	0.902	0.043	0.061	4.785	0.02	0.9086

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 11), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της υγρασίας%, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0.2% μέχρι 2.3%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 1.3% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 11.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλεύρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην υγρασία επί %. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 11) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της υγρασίας του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 11: Δεδομένα από το Statgraphics, για την υγρασία.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ %	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
W-100 (control)	31.20	0.63	1.19	2.02		
L-20	32.18	2.92	0.11	0.20	3.52	0.1340
L-35	31.54	0.28	0.52	0.89	0.74	0.4377
L-50	31.94	0.13	0.25	0.40	4.00	0.1160
L-80	31.02	0.63	0.89	2.03	0.10	0.7730
L-100	31.98	0.74	1.04	2.30	1.65	0.2890

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 12), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της απώλειας ψισίματος, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής

μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0.67% μέχρι 9.24%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 5.03% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 12.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλευρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην απώλεια ψησίματος. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 12) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της απώλειας ψησίματος του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 12: Δεδομένα από το Statgraphics, για την απώλεια ψησίματος.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΨΗΣΙΜΑΤΟΣ %	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
W-100 (control)	8.73	0.06	0.11	0.67		
L-20	9.79	0.90	1.61	9.24	4.05	0.1145
L-35	9.39	0.41	0.79	4.36	7.49	0.0520
L-50	9.06	0.27	0.53	3.02	4.02	0.1155
L-80	9.47	0.64	0.9	6.72	4.74	0.1176
L-100	9.81	0.62	0.87	6.27	12.73	0.0466

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 13), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του δείκτη όγκου, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0% μέχρι 6.01%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία

δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 2.4% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 13.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλεύρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στον δείκτη όγκου. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 13) από το test για τους μέσους όρους των τιμών του δείκτη όγκου του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 13: Δεδομένα από το Statgraphics, για τον δείκτη όγκου

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ ΟΓΚΟΥ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
W-100 (control)	24.97	0.81	1.6	3.24		
L-20	24.20	1.45	2.9	6.01	0.64	0.4691
L-35	22.60	0.61	1.1	2.70	16.42	0.0154
L-50	20.13	0.15	0.3	0.76	103.57	0.0005
L-80	18.30	0.28	0.4	1.55	115.38	0.0017
L-100	18.00	0.00	0	0	133.72	0.0014

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 14), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της σκληρότητας, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), παρουσιάζει μία διακύμανση, από 3.88% μέχρι 50.39%. Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 17.3% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 14.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλευρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην σκληρότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 14) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της σκληρότητας του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 14: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη σκληρότητα.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
W-100 (control)	4.73	0.18	0.34	3.88		
L-20	4.51	0.75	1.45	16.71	0.25	0.6441
L-35	3.93	1.98	3.64	50.39	0.48	0.5263
L-50	5.34	0.50	0.97	9.34	3.99	0.1165
L-80	6.53	1.06	1.5	16.24	9.78	0.0522
L-100	12.53	0.94	0.33	7.51	229.81	0.0006

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 15), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της συνεκτικότητας, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 2.13% μέχρι 4.56%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 3.4% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 15.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλεύρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην συνεκτικότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 15) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της συνεκτικότητας του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 15: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη συνεκτικότητα.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P- value (F- test)
W-100 (control)	0.55	0.03	0.05	4.56		
L-20	0.52	0.02	0.04	4.01	3.78	0.1237
L-35	0.47	0.01	0.02	2.13	28.41	0.0060
L-50	0.41	0.02	0.03	3.76	74.46	0.0010
L-80	0.26	0.01	0.01	2.77	243.35	0.0006
L-100	0.23	0.01	0.01	3.14	294.75	0.0004

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 16), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της ελαστικότητας, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 1.59% μέχρι 8.32%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 5.2% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 16.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλεύρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην ελαστικότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση

παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 16) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της ελαστικότητας του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 16: Δεδομένα από το Statgraphics, για την ελαστικότητα.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
W-100 (control)	0.83	0.04	0.07	4.34		
L-20	0.77	0.04	0.08	5.66	3.38	0.1401
L-35	0.74	0.04	0.08	5.49	8.91	0.0405
L-50	0.63	0.01	0.02	1.59	85.71	0.0008
L-80	0.40	0.02	0.03	5.37	223.35	0.0007
L-100	0.34	0.03	0.04	8.32	254.22	0.0005

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 17), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της μασητικότητας (N), είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), παρουσιάζει μία διακύμανση, από 7.60% μέχρι 38.07%. Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 18.08% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 17.

Συγκεκριμένα, κάναμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

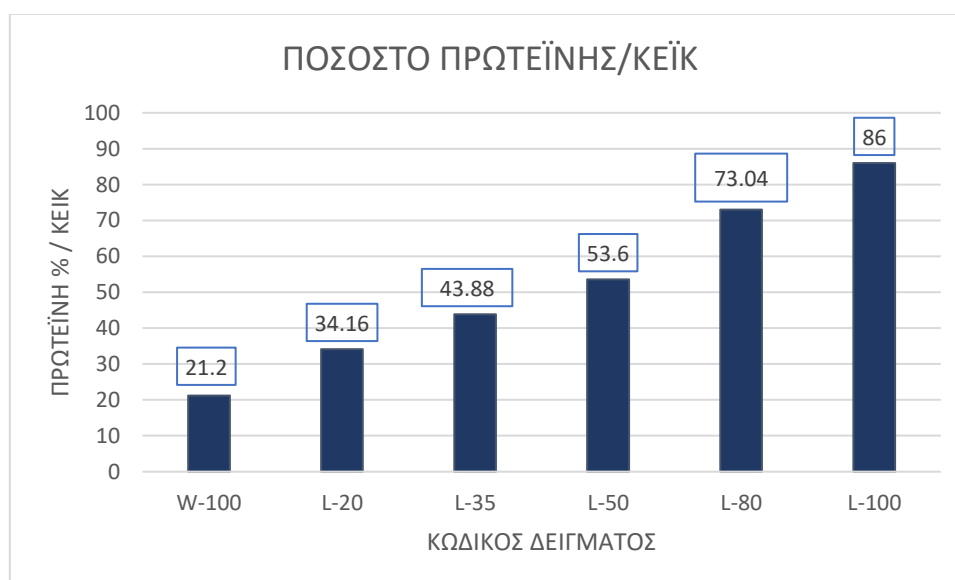
Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση του αλευρου από λούπινου, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στη μασητικότητα (N). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 17) από το test για τους

μέσους όρους των τιμών της μασητικότητας (N) του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 17: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη μασητικότητα.

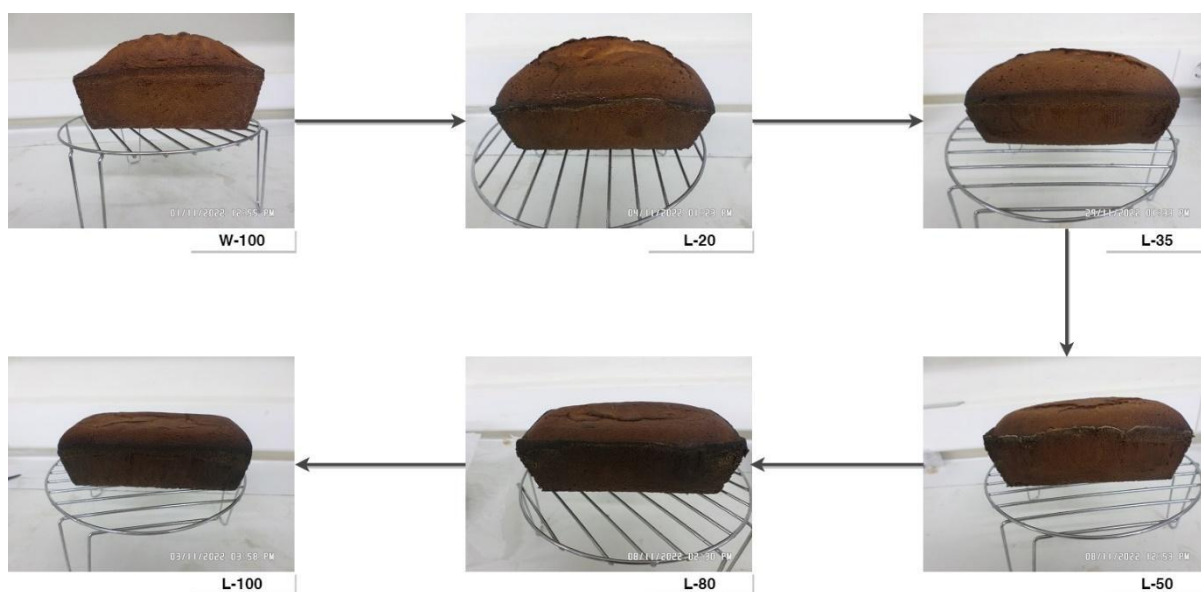
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (N)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
W-100 (control)	2.42	0.34	0.67	13.91		
L-20	1.88	0.16	0.32	8.56	6.35	0.0654
L-35	1.55	0.12	0.23	7.44	18.03	0.0132
L-50	1.41	0.11	0.21	7.60	24.79	0.0076
L-80	0.73	0.24	0.34	32.93	36.21	0.0092
L-100	0.52	0.20	0.28	38.07	48.94	0.0060



Σχήμα 23: Ποσοστό περιεχόμενης πρωτεΐνης για κάθε δείγμα κέικ.

Πίνακας 18: Τιμές πρωτεΐνης % σε κάθε δείγμα κέικ.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΑΛΕΥΡΙ ΣΙΤΟΥ (g)	ΑΛΕΥΡΙ ΛΟΥΠΙΝΟΥ (g)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΣΤΟ ΚΕΙΚ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΗΣ %
W-100	200	0	21.2	Αλεύρι σίτου 10.6
L-20	160	40	34.16	Αλεύρι λούπινου 43
L-35	130	70	43.88	
L-50	100	100	53.6	
L-80	40	160	73.04	
L-100	0	200	86	



Σχήμα 24: Οπτική απεικόνιση των δειγμάτων κέικ.

3.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Ο στόχος του δεύτερου μέρους της μελέτης, αφορούσε τη προσπάθεια βελτιστοποίησης του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από διάφορα υδροκολλοειδή και συνδυασμό τους. Δηλαδή, προσθέτοντας κάποιο υδροκολλοειδές μέσα στο κέικ, θέλαμε να διαπιστώσουμε, κατά πόσο θα μπορούσαν να βελτιστοποιήσουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες που μετρήσαμε, στο κέικ ελέγχου, που στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν το δείγμα με 100% αλεύρι λούπινου (L-100). Έτσι, καταφέροντας μία τέτοια βελτιστοποίηση, θα είχε ως αποτέλεσμα, ένα τελικό προϊόν, τόσο ελεύθερο γλουτένης, όσο και με υψηλό ποσοστό περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (πίνακας 18).

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με την χρήση του στατιστικού πακέτου: Statgraphics. Μέσω αυτού, πήραμε τις πληροφορίες από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και δημιουργήσαμε τους παρακάτω πίνακες, που εμφανίζονται στην συνέχεια. Σκοπός από αυτά ήταν να διαπιστώσουμε, κατά πόσο τα πειραματικά δεδομένα υποστηρίζουν σ' ένα επίπεδο σημαντικότητας 5%, ότι τα κέικ με διάφορα υδροκολλοειδή, διαφέρουν ως προς το κέικ που περιέχει 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή. Δηλαδή, αν όντως το υποστηρίζουν, τότε θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε ένα προϊόν αρτοποιίας, τύπου κέικ, με 100% αλεύρι λούπινου, εφόσον θα είχε καλύτερες ιδιότητες.

Πιο αναλυτικά, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 19), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του ειδικού όγκου (cm^3/g), είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 3.99% μέχρι 9.7%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 6.75% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 19.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικότητων και συνδυασμών, στο κέικ, στον ειδικό όγκο. Δηλαδή, οι τιμές του ειδικού όγκου, αποτελούν την εξαρτημένη μεταβλητή (εκείνη που θεωρούμε ως τυχαία), ενώ οι διάφορες προσθήκες υδροκολλοειδών, αποτελούν την ανεξάρτητη μεταβλητή (εκείνη που θεωρούμε ως ελεγχόμενη). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 19) από το test για τους μέσους όρους των τιμών του ειδικού όγκου (cm^3/g) του κάθε

δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 19: Δεδομένα από το Statgraphics, για τον ειδικό όγκο (cm^3/g).

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ (cm^3/g)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	1.4125	0.1085	0.1535	7.6846		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	1.4403	0.1397	0.2794	9.7012	0.05	0.8300
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	1.1930	0.0914	0.1293	7.6641	4.78	0.1602
L-100 1% XAN	1.2855	0.0977	0.1696	7.6035	1.88	0.2642
L-100 1.5 % XAN	1.4237	0.0569	0.1096	3.9942	0.02	0.8848
L-100 2 % XAN	1.4026	0.0773	0.1093	5.5104	0.01	0.9259
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	1.3623	0.0901	1.426	6.6127	0.25	0.6650
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	1.4264	0.0935	0.1093	5.5104	0.01	0.9259

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 20), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο, για την τιμή της σκληρότητας (N). Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά υψηλός (από 5.36% μέχρι 49.35%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία μεγάλη μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 18.78% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 20. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικοτήτων και συνδυασμών, στο κέικ, στην σκληρότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 20) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της σκληρότητας (N) του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 20: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη σκληρότητα (N).

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (N)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	12.53	0.94	1.33	7.51		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	7.75	3.83	6.93	49.45	2.71	0.1981
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	11.91	3.03	4.28	25.41	0.08	0.8095

L-100 XAN	1%	6.33	1.53	2.9	24.11	24.87	0.0155
L-100 XAN	1.5 %	5.73	0.56	1.06	9.69	110.53	0.0018
L-100 XAN	2 %	5.86	1.29	1.83	22.10	34.77	0.0276
L-100 1.5% 10%	XAN Starch	5.15	0.28	0.39	5.36	113.41	0.0087
L-100 1.5% 20%	XAN Starch	4.86	0.33	0.46	6.69	118.66	0.0083

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 21), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της συνεκτικότητας, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 3.14% μέχρι 10.34%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 6.22% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 21.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικότητων και συνδυασμών, στο κέικ, στην συνεκτικότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 21) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της συνεκτικότητας του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με τη τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 21: Δεδομένα από το Statgraphics, για την συνεκτικότητα.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	0.23	0.01	0.01	3.15		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	0.23	0.02	0.04	8.92	0.27	0.6376
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	0.20	0.01	0.02	7.07	5.00	0.1548
L-100 1% XAN	0.24	0.03	0.05	10.34	0.92	0.4085
L-100 1.5 % XAN	0.23	0.01	0.02	4.35	0.36	0.5908
L-100 2 % XAN	0.23	0.01	0.01	3.14	0.00	1.0000
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	0.28	0.02	0.03	7.71	10.00	0.0871
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	0.28	0.01	0.02	5.05	24.20	0.0389

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 22), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της ελαστικότητας, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 1.79% μέχρι 12.12%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική

απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 7.49% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 22.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικοτήτων και συνδυασμών, στο κέικ, στην ελαστικότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 22) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της ελαστικότητας του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 22: Δεδομένα από το Statgraphics, για την ελαστικότητα.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	0.34	0.03	0.04	8.32		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	0.32	0.03	0.05	7.95	0.95	0.4020
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	0.25	0.02	0.03	8.66	14.44	0.0628
L-100 1% XAN	0.33	0.01	0.02	3.03	0.36	0.5908
L-100 1.5 % XAN	0.30	0.03	0.05	8.30	2.34	0.2234

L-100 2 % XAN	0.29	0.03	0.04	9.75	3.12	0.2191
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	0.35	0.04	0.06	12.12	0.08	0.8075
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	0.40	0.01	0.01	1.79	7.12	0.1165

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 23), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο, για την τιμή της μασητικότητας (N). Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά υψηλός (από 4.47% μέχρι 38.07%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία μεγάλη μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πώς διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 14.5% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 23. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικοτήτων και συνδυασμών, στο κέικ, στην μασητικότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 23) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της μασητικότητας (N) του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 23: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη μασητικότητα (N).

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (N)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	0.52	0.20	0.28	38.07		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	0.58	0.08	0.16	14.11	0.25	0.6537
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	0.55	0.03	0.04	5.14	0.05	0.8517
L-100 1% XAN	0.41	0.10	0.19	24.23	0.69	0.4668
L-100 1.5 % XAN	0.50	0.08	0.15	15.43	0.02	0.8978
L-100 2 % XAN	0.45	0.04	0.05	7.94	0.28	0.6506
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	0.48	0.02	0.03	4.47	0.10	0.7796
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	0.52	0.04	0.05	6.86	0.00	0.9751

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 24), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του δείκτη όγκου, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0% μέχρι 4.56%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία

δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 2.01% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 24.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικότητων και συνδυασμών, στο κέικ, στον δείκτη όγκου. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 24) από το test για τους μέσους όρους των τιμών του δείκτη όγκου του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 24: Δεδομένα από το Statgraphics, για τον δείκτη όγκου.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΓΚΟΥ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	18.00	0.00	0	0		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	18.83	0.55	1.0	2.92	4.12	0.1353
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	18.20	0.00	0	0		
L-100 1% XAN	19.10	0.87	1.6	4.56	2.87	0.1891
L-100 1.5 % XAN	19.90	0.36	0.7	1.81	49.98	0.0058
L-100 2 % XAN	18.95	0.78	1.1	4.10	2.98	0.2263
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	19.90	0.14	0.2	0.71	361.00	0.0028
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	20.80	0.42	0.6	2.04	87.11	0.0113

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 25), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της υγρασίας %, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0.74% μέχρι 5.08%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου

το 2.47% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 25.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικότητων και συνδυασμών, στο κέικ, στην υγρασία. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 25) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της υγρασίας % του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 25: Δεδομένα από το Statgraphics, για την υγρασία %.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ %	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	31.98	0.74	1.04	2.30		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	30.01	0.70	1.36	2.32	9.24	0.0559
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	29.10	1.48	2.09	5.08	6.11	0.1320
L-100 1% XAN	30.91	1.26	2.35	4.07	1.10	0.3707
L-100 1.5 % XAN	30.16	0.24	0.47	0.78	18.27	0.0235
L-100 2 % ⁷ XAN	28.75	-	-	-	12.86	0.1731
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	30.93	0.62	0.88	2.01	2.38	0.2631
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	31.47	0.23	0.33	0.74	0.89	0.4448

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 26), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της απώλειας ψησίματος %, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 1.10% μέχρι 8.44%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα

⁷ Έσπασαν τα τρυβλία, οπότε χάθηκαν οι περαιτέρω επαναλήψεις του δείγματος.

δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 5.33% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 26.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικοτήτων και συνδυασμών, στο κέικ, της απώλειας ψησίματος. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 26) από το τεστ για τους μέσους όρους της απώλειας ψησίματος % του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 26: Δεδομένα από το Statgraphics, για την απώλεια ψησίματος %.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΨΗΣΙΜΑΤΟΣ%	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	9.81	0.62	0.87	6.27		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	9.35	0.57	1.14	6.14	0.73	0.4558
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	8.47	0.71	1.01	8.44	4.04	0.1821
L-100 1% XAN	9.21	0.63	1.25	6.79	1.11	0.3693
L-100 1.5 % XAN	9.27	0.10	0.19	1.10	2.55	0.2087
L-100 2 % XAN	8.76	0.61	0.86	6.94	2.92	0.2297
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	9.22	0.42	0.6	4.60	1.23	0.3836
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	9.10	0.22	0.31	2.41	2.36	0.2640

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 27), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της ενεργότητας νερού, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0.291% μέχρι 4.785%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί

περίπου το 2.185% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 27.

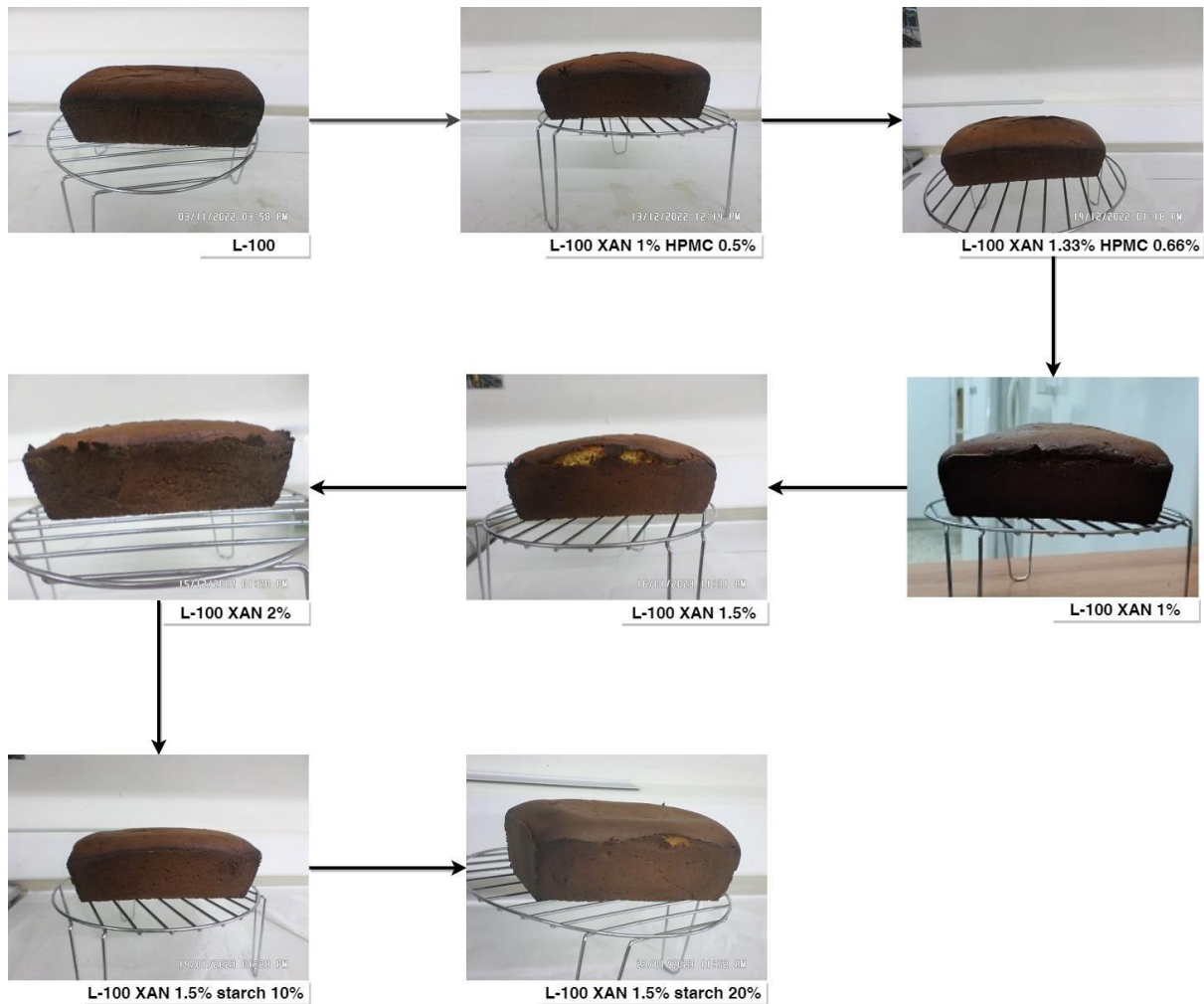
Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, από κάποιο υδροκολλοειδές, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση υδροκολλοειδών, διαφορετικών περιεκτικοτήτων και συνδυασμών, στο κέικ, στην ενεργότητα νερού. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 27) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της ενεργότητας νερού του κάθε δείγματος κέικ με υδροκολλοειδή, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χωρίς υδροκολλοειδή.

Πίνακας 27: Δεδομένα από το Statgraphics, για την ενεργότητα νερού.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 (CONTROL)	0.902	0.043	0.061	4.785		
L-100 1 % XAN 0.5% HPMC	0.939	0.034	0.066	3.591	1.22	0.3492
L-100 XAN 1.33% HPMC 0.66%	0.976	0.005	0.007	0.507	5.81	0.1375
L-100 1% XAN	0.887	0.041	0.074	4.664	0.15	0.7244
L-100 1.5 % XAN	0.950	0.020	0.04	2.109	3.14	0.1747
L-100 2 % XAN	0.971	0.003	0.004	0.291	2.92	0.2297
L-100 XAN 1.5% Starch 10%	0.904	0.010	0.014	1.095	0.01	0.9436
L-100 XAN 1.5% Starch 20%	0.965	0.004	0.006	0.439	4.29	0.1741



Σχήμα 25: Οπτική απεικόνιση των δειγμάτων κέικ.

3.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

Στο τρίτο μέρος της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε ως δείγμα ελέγχου (control), το ήδη βελτιστοποιημένο κέικ λούπινου που βρέθηκε στο μέρος δεύτερο, δηλαδή το L-100 Xan 1.5%. ο στόχος του μέρους αυτού, αφορούσε την υποκατάσταση του κέικ ελέγχου, το οποίο ως λιπαρή ύλη περιείχε το φοινικέλαιο, από διαφορετικές περιεκτικότητες υποκαταστατών λίπους. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αυτοί οι υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, είναι διαλύματα νανογαλακτωμάτων που παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο. Η ανάγκη που μας οδήγησε σε αυτή τη δοκιμή, σχετίζεται με τις αρνητικές συνέπειες που έχει το φοινικέλαιο κατά την αλόγιστη χρήση του, όπως αυτές περιγράφονται στο θεωρητικό μέρος. Η έρευνα αυτή έλαβε χώρα, ώστε να διερευνηθεί έναν υπάρχει κάποιο ποσοστό υποκατάστασης του φοινικελαίου στο κέικ ελέγχου, στο οποίο, το δείγμα, δεν θα παρουσιάζει κάποια έντονη αλλαγή στις ιδιότητές του, κατά τη προσθήκη των υποκαταστατών. Έτσι, θα προκύψει ένα τελικό προϊόν, το οποίο θα περιέχει μία «fat-free» λιπαρή ύλη, ώστε από την μία πλευρά, να μπορεί το κέικ να απευθύνεται και

σε άτομα που αποφεύγουν την υψηλή κατανάλωση λίπους και από την άλλη, να μειωθεί η χρήση του φοινικελαίου στην καταναλωτική αγορά.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, παρασκευάστηκαν δείγματα κέικ με διαφορετικές περιεκτικότητες υποκαταστατών (15%, 35%, 50%, 75%), αλλά και ένα δείγμα με 100% υποκατάσταση του φοινικελαίου από το λάδι MCT. Μετρήθηκαν οι ακόλουθες φυσικοχημικές ιδιότητες: ειδικός όγκος (cm^3/g), ενεργότητα νερού, υφή (N), υγρασία (%), απώλεια ψησίματος (%), δείκτης όγκου. Τα δεδομένα που πήραμε, φαίνονται στους παρακάτω πίνακες, ξεχωριστά τόσο για την κάθε ιδιότητα, όσο και συγκριτικά της κάθε διαφορετικής περιεκτικότητας λούπινου, με το control που είναι το κέικ με 100% αλεύρι λούπινου και 1.5% ξανθάνη (L-100 Xan 1.5%).

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με την χρήση του στατιστικού πακέτου: Statgraphics. Μέσω αυτού, πήραμε τις πληροφορίες από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και δημιουργήσαμε τους παρακάτω πίνακες, που εμφανίζονται στην συνέχεια. Σκοπός από αυτά ήταν να διαπιστώσουμε, κατά πόσο τα πειραματικά δεδομένα υποστηρίζουν σ'ένα επίπεδο σημαντικότητας 5%, ότι τα κέικ με διαφορετικά ποσοστά υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφέρουν ως προς το κέικ που περιέχει 100% φοινικέλαιο. Δηλαδή, αν όντως το υποστηρίζουν, τότε θα ήταν δύσκολο να δημιουργηθεί ένα αντίστοιχο προϊόν αρτοποιίας, τύπου κέικ.

Πιο αναλυτικά, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 28), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του ειδικού όγκου (cm^3/g), είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 2.2% μέχρι 6.8%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 4.08 % του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 28.

Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικότητων στο κέικ, στον ειδικό όγκο. Δηλαδή, οι τιμές του ειδικού όγκου, αποτελούν την εξαρτημένη μεταβλητή (εκείνη που θεωρούμε ως τυχαία), ενώ οι ποσότητες υποκατάστασης του φοινικελαίου, αποτελούν την ανεξάρτητη μεταβλητή (εκείνη που θεωρούμε ως ελεγχόμενη). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 28) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών του ειδικού όγκου (cm^3/g) του κάθε

υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 28: Δεδομένα από το Statgraphics, για του ειδικού όγκου (cm³/g).

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ (cm ³ /g)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 1.5% Xan (control)	1.4237	0.0569	0.1096	3.9942		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	1.4207	0.0320	0.0452	2.2497	0.00	0.9522
L-100 Xan 1.5% sub 35%	1.4337	0.0975	0.1379	6.8015	0.02	0.8904
L-100 Xan 1.5% sub 50%	1.3210	0.0876	0.1239	6.6324	2.69	0.1998
L-100 Xan 1.5% sub 75%	1.1642	0.0304	0.0430	2.6172	32.79	0.0106
L-100 Xan 1.5% MCT- OIL	1.3022	0.0323	0.0457	2.4816	7.08	0.0763

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 29), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του δείκτη όγκου, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0.41% μέχρι 4.17%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα

παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 1.62% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 29. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στον δείκτη όγκου. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 29) από το test για τους μέσους όρους των τιμών του δείκτη όγκου του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 29: Δεδομένα από το Statgraphics, για τον δείκτη όγκου.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ ΟΓΚΟΥ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 1.5% Xan (control)	19.90	0.36	0.7	1.81		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	19.60	0.28	0.4	1.44	0.95	0.4010
L-100 Xan 1.5% sub 35%	18.65	0.78	1.1	4.17	6.50	0.0839
L-100 Xan 1.5% sub 50%	18.65	0.21	0.3	1.14	18.44	0.0232
L-100 Xan 1.5% sub 75%	17.45	0.07	0.1	0.41	81.54	0.0029
L-100 Xan 1.5% MCT- OIL	20.30	0.14	0.2	0.70	2.06	0.2470

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 30), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του της σκληρότητας (N), παρουσιάζει διαφοροποιήσεις. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι μεγάλος (από 8.81% μέχρι 32.18%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 17.19% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 30. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να

καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην σκληρότητα (N). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 30) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της σκληρότητας (N) του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 30: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη σκληρότητα (N).

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ (N)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ Σ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 1.5% Xan (control)	5.73	0.56	1.06	9.69		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	6.30	1.06	1.5	16.84	0.66	0.4750
L-100 Xan 1.5% sub 35%	5.74	1.85	2.61	32.18	0.00	0.9988
L-100 Xan 1.5% sub 50%	6.48	1.05	1.48	16.15	1.17	0.3583
L-100 Xan 1.5% sub 75%	7.47	0.66	0.93	8.81	10.2 8	0.0491
L-100 Xan 1.5% MCT- OIL	10.58	2.03	2.87	19.19	17.8 2	0.0243

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 31), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της συνεκτικότητας, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 3.01% μέχρι 11.31%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 6.28% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 31. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί

υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην συνεκτικότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 31) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της συνεκτικότητας του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 31: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη συνεκτικότητα.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P- value (F- test)
L-100 1.5% Xan (control)	0.23	0.01	0.02	4.35		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	0.26	0.01	0.02	5.44	8.10	0.0653
L-100 Xan 1.5% sub 35%	0.24	0.01	0.01	3.01	0.36	0.5908
L-100 Xan 1.5% sub 50%	0.25	0.03	0.04	11.31	1.44	0.3163
L-100 Xan 1.5% sub 75%	0.26	0.02	0.03	8.32	3.46	0.1597
L-100 Xan 1.5% MCT- OIL	0.27	0.01	0.02	5.24	14.40	0.0321

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 32), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της ελαστικότητας, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 4.04% μέχρι 8.30%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 6.25% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 32. Συγκεκριμένα, για

να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην ελαστικότητα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 32) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της ελαστικότητας του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 32: Δεδομένα από το Statgraphics, για την ελαστικότητα.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 1.5% Xan (control)	0.30	0.03	0.05	8.30		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	0.35	0.01	0.02	4.04	5.35	0.1038
L-100 Xan 1.5% sub 35%	0.32	0.02	0.03	6.73	0.29	0.6302
L-100 Xan 1.5% sub 50%	0.34	0.02	0.03	6.33	2.10	0.2429
L-100 Xan 1.5% sub 75%	0.35	0.02	0.03	6.15	3.64	0.1524
L-100 Xan 1.5% MCT- OIL	0.36	0.02	0.03	5.97	5.60	0.0989

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 33), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής του της μασητικότητας (N), παρουσιάζει διαφοροποιήσεις. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι μεγάλος (από 5.44% μέχρι 33.99%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 15.70% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 33. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100%

φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην μασητικότητα (N). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 33) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της μασητικότητας (N) του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 33: Δεδομένα από το Statgraphics, για τη μασητικότητα (N).

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (N)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F-ratio	P-value (F-test)
L-100 Xan (control)	0.50	0.08	0.15	15.43		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	0.52	0.05	0.07	9.61	0.03	0.8659
L-100 Xan 1.5% sub 35%	0.45	0.08	0.12	18.86	0.53	0.5187
L-100 Xan 1.5% sub 50%	0.52	0.03	0.04	5.44	0.08	0.7985
L-100 Xan 1.5% sub 75%	0.59	0.06	0.09	10.88	1.49	0.3094
L-100 Xan 1.5% MCT-OIL	1.04	0.35	0.5	33.99	7.56	0.0707

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 34), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της υγρασίας %, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0.51% μέχρι 2.81%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πώς διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 1.38% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 34. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην υγρασία. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 34) από το test για τους μέσους όρους των τιμών της υγρασίας % του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 34: Δεδομένα από το Statgraphics, για την υγρασία %.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ %	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 1.5% Xan (control)	30.16	0.24	0.47	0.79		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	32.69	0.49	0.69	1.49	65.61	0.0039
L-100 Xan 1.5% sub 35%	33.27	0.53	0.75	1.59	88.30	0.0026
L-100 Xan 1.5% sub 50%	35.54	0.40	0.56	1.11	387.94	0.0003
L-100 Xan 1.5% sub 75%	36.94	1.04	1.47	2.81	138.60	0.0013
L-100 Xan 1.5% MCT- OIL	30.60	0.16	0.22	0.51	5.12	0.1085

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 35), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της απώλειας ψισίματος %, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 1.11% μέχρι 8.15%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 2.79% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 35. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην απώλεια ψησίματος. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 35) από το τεστ για τους μέσους όρους των τιμών της απώλειας ψησίματος % του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 35: Δεδομένα από το Statgraphics, για την απώλεια ψησίματος %.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΨΗΣΙΜΑΤΟΣ %	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 1.5% Xan (control)	9.27	0.10	0.19	1.11		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	9.92	0.14	0.2	1.42	36.84	0.0090
L-100 Xan 1.5% sub 35%	10.21	0.14	0.2	1.39	77.29	0.0031
L-100 Xan 1.5% sub 50%	10.27	0.16	0.23	1.58	74.82	0.0033
L-100 Xan 1.5% sub 75%	10.95	0.34	0.48	3.10	74.38	0.0033
L-100 Xan 1.5% MCT-OIL	9.20	0.75	1.06	8.15	0.03	0.8670

Αντίστοιχα, από τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα του κάθε δείγματος (πίνακας 36), παρατηρούμε ότι: το εύρος τιμών για όλα τα δείγματα, δεν είναι μεγάλο και ότι ο μέσος δειγματικός όρος της τιμής της ενεργότητας νερού, είναι περίπου ίδιος. Αξίζει επίσης να σχολιάσουμε ότι, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), είναι αρκετά μικρός (από 0.220% μέχρι 2.109%). Αυτό υποδηλώνει, ότι τα δείγματα παρουσιάζουν μία σχετική ομοιογένεια και μία μικρή μεταβλητότητα. Δηλαδή, η δειγματική τυπική απόκλιση, η οποία δείχνει το πως διασκορπίζονται οι τιμές γύρω από το μέσο όρο, αποτελεί περίπου το 1.094% του μέσου, για όλα τα δείγματα. Στην συνέχεια, πραγματοποιήσαμε στατιστικό έλεγχο υποθέσεων, λαμβάνοντας τα αποτελέσματα που εξίσου φαίνονται στον πίνακα 36. Συγκεκριμένα, για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα, εάν τελικά μπορεί να

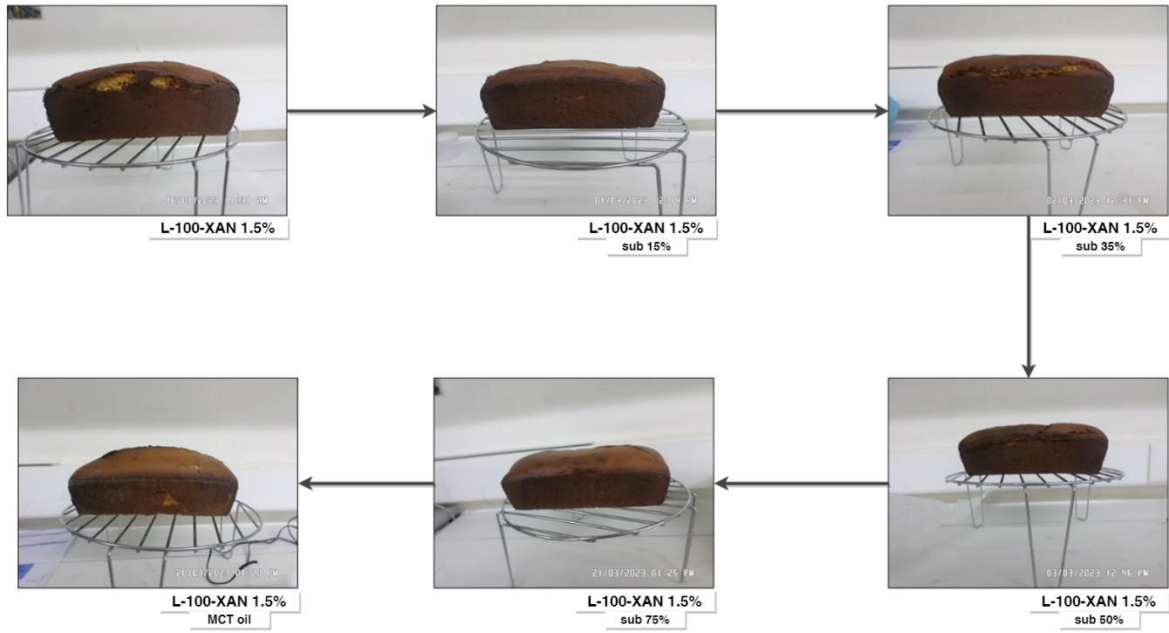
πραγματοποιηθεί υποκατάσταση σε κέικ με 100% φοινικέλαιο, από υποκαταστάτες λιπαρής ύλης, όπως είναι τόσο τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, όσο και το MCT oil, χρειάζεται να κάνουμε τον ακόλουθο έλεγχο υποθέσεων:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ όταν $P > 0.05$, Μηδενική υπόθεση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θέλαμε να μελετήσουμε την επίδραση των υποκαταστατών λιπαρής ύλης, διαφορετικών περιεκτικοτήτων στο κέικ, στην ενεργότητα του νερού. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης ANOVA one way, και έτσι πήραμε τις τιμές p-value (πίνακας 36) από το t-έστ για τους μέσους όρους των τιμών της ενεργότητας νερού του κάθε υποκατεστημένου κέικ, συγκριτικά με την τιμή για το δείγμα ελέγχου, που ήταν το κέικ με 100% φοινικέλαιο.

Πίνακας 36: Δεδομένα από το Statgraphics, για την ενεργότητα του νερού.

ΔΕΙΓΜΑΤn A	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ (CV%)	F- ratio	P-value (F-test)
L-100 1.5% Xan (control)	0.950	0.020	0.04	2.109		
L-100 XAN 1.5% sub 15%	0.951	0.002	0.003	0.223	0.00	0.9591
L-100 Xan 1.5% sub 35%	0.963	0.004	0.006	0.441	0.78	0.4422
L-100 Xan 1.5% sub 50%	0.966	0.002	0.003	0.22	1.12	0.3679
L-100 Xan 1.5% sub 75%	0.965	0.015	0.021	1.540	0.77	0.4437
L-100 Xan 1.5% MCT-OIL	0.941	0.019	0.027	2.030	0.26	0.6458



Σχήμα 26: Οπτική απεικόνιση των δειγμάτων κέικ.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

4.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

Από τα αποτελέσματα που βλέπουμε στην ενότητα 3, παρατηρούμε ότι, ο μέσος όρος της τιμής του ειδικού όγκου (cm^3/g) των δειγμάτων των κέικ με περιεκτικότητες σε αλεύρι λούπινου 20%, 35%, 50% και 80%, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές, για ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Ειδικότερα, για την τιμή p-value, που είναι η ελάχιστη τιμή για το επίπεδο σημαντικότητας 5%, παρατηρούμε ότι ισχύει: $p\text{-value (των 20\%, 35\%, 50\% και 80\%)} \geq \alpha (=0,05)$. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι, δεν υπάρχουν ισχυρές στατιστικές αποδείξεις από τα δεδομένα για επίπεδο σημαντικότητας 5%, όπου η μηδενική υπόθεση που κάναμε, θα απορρίπτεται. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση του στατιστικού ελέγχου υποθέσεων δεν απορρίπτεται, οπότε, μπορούμε να πούμε ότι τα κέικ με αλεύρι λούπινου στις περιεκτικότητες 20%, 35%, 50% και 80% , δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την τιμή του ειδικού όγκου (cm^3/g), με το κέικ με αλεύρι σίτου 100% , για ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Δεν ισχύει το ίδιο για το δείγμα κέικ με 100% αλεύρι λούπινου (L-100), καθώς το $p\text{-value} = 0.0405 < 0.05$, οπότε οι μέσοι όροι των τιμών του ειδικού όγκου (cm^3/g) για το δείγμα αυτό σε σχέση με το δείγμα ελέγχου, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Επιπροσθέτως, από τα αποτελέσματα που παρατέθηκαν στον πίνακα 10 και στον πίνακα 11, για την μέτρηση της ενεργότητας του νερού και του ποσοστού της υγρασίας % αντίστοιχα, παρατηρούμε ότι τα δείγματα υποκατάστασης του αλεύρου σε ποσοστά 20%, 35%, 50%, 80% και 100%, δεν παρουσιάζουν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά, σε ένα επίπεδο σημαντικότητας 5%, εφόσον τα p-value τους είναι μεγαλύτερα από την τιμή 0.05. Όσον αφορά, τη παράμετρο της απώλειας ψησίματος %, βλέπουμε από τον πίνακα 12, ότι μόνο το δείγμα που περιέχει 100% αλεύρι λούπινου, παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή της απώλειας ψησίματος %, συγκριτικά με το δείγμα ελέγχου, που είναι το κέικ με 100% αλεύρι σίτου. Αυτό, επιβεβαιώνεται καθώς $p\text{-value} = 0.0466 < 0.05$. Ακολούθως, στην μέτρηση του δείκτη όγκου, διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα με περιεκτικότητες λούπινου 35%, 50%, 80% και 100% παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με p-value ίσο με 0.0154 0.0005 0.0017 0.0014 αντίστοιχα, που είναι μικρότερο από 0.05 (πίνακας 13). Τέλος, όσον αφορά την μέτρηση της ιδιότητας της υφής, αναλύσαμε τέσσερις παραμέτρους: σκληρότητα (N), συνεκτικότητα, ελαστικότητα και μασητικότητα (N) και λάβαμε τα αποτελέσματα όπως φαίνονται στους πίνακες 14,15,16 και 17 αντίστοιχα. Βλέπουμε ότι για τη σκληρότητα, μόνο το δείγμα με 100% αλεύρι λούπινου παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το δείγμα ελέγχου ($p\text{-value} = 0.0006 < 0.05$). Για την συνεκτικότητα, τα δείγματα με περιεκτικότητες λούπινου 35%, 50%, 80% και 100% παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με p-value ίσο με 0.0060 0.0010 0.0006 0.0004 αντίστοιχα. Επίσης, για την ελαστικότητα, οι τιμές p-value των ίδιων δειγμάτων, είναι ίσες με: 0.0405 0.0008 0.0007 0.0005 αντίστοιχα για τα δείγματα 35% 50% 80% και 100%.

Ομοίως, για την μασητικότητα (N), οι τιμές είναι: p-value ίσο με 0.0132 0.0076 0.0092 0.0060 αντίστοιχα για τα δείγματα 35% 50% 80% και 100%. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι στις παραμέτρους συνεκτικότητας, ελαστικότητας και μασητικότητας, της υφής, τα δείγματα με αλεύρι λούπινου 35% 50% 80% και 100%, έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, για ένα επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Εν κατακλείδι, από όλα τα δεδομένα που αναλύθηκαν παραπάνω, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι, το κέικ με αλεύρι λούπινου σε περιεκτικότητα υποκατάστασης 20%, είναι το μόνο που δεν διαφοροποιείται σε καμία φυσικοχημική ιδιότητα που μετρήθηκε, σε σχέση με το δείγμα περιεκτικότητας 100% αλεύρι σίτου. Άρα, διαπιστώνουμε ότι, θα μπορούσε να δοκιμαστεί εμπορικά η δημιουργία κέικ με αλεύρι λούπινου 20%, έτσι ώστε να μην τροποποιούνται οι ιδιότητες του τελικού προϊόντος μετά την προσθήκη λούπινου. Έτσι, θα έχουμε ένα τελικό προϊόν, στο οποίο θα έχει γίνει μία προσαύξηση του ποσοστού πρωτεΐνης κατά 61.13%, σε σχέση με το κέικ που περιέχει μόνο αλεύρι σίτου, αποκτώντας μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, χωρίς να διαφοροποιούνται οι ιδιότητες του κέικ. Τέλος, να σημειωθεί ότι, αντίστοιχα, τα αποτελέσματα μερικής υποκατάστασης που προέκυψαν σε μία μελέτη του 2014 (R.Ahmed, 2014), όπου διερευνήθηκαν οι επιρροές στις χημικές ιδιότητες του κέικ σίτου όταν αυτό υποκαταστάθηκε με αλεύρι λούπινου, κατέληξαν ότι, για ένα ποσοστό κοντά στο 10% γίνεται αποδεκτή η ποιότητα του κέικ. Ακόμη, σε μία έρευνα, δοκιμάστηκε η υποκατάσταση μίγματος αλεύρου σίτου – αμύλου καλαμποκιού, από αλεύρι αμάραντου, σε διαφορετικά ποσοστά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, σε ποσοστό έως και 20%, θα μπορούσε το αλεύρι να υποκατασταθεί με επιτυχία (Capriles et al., 2008).

4.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

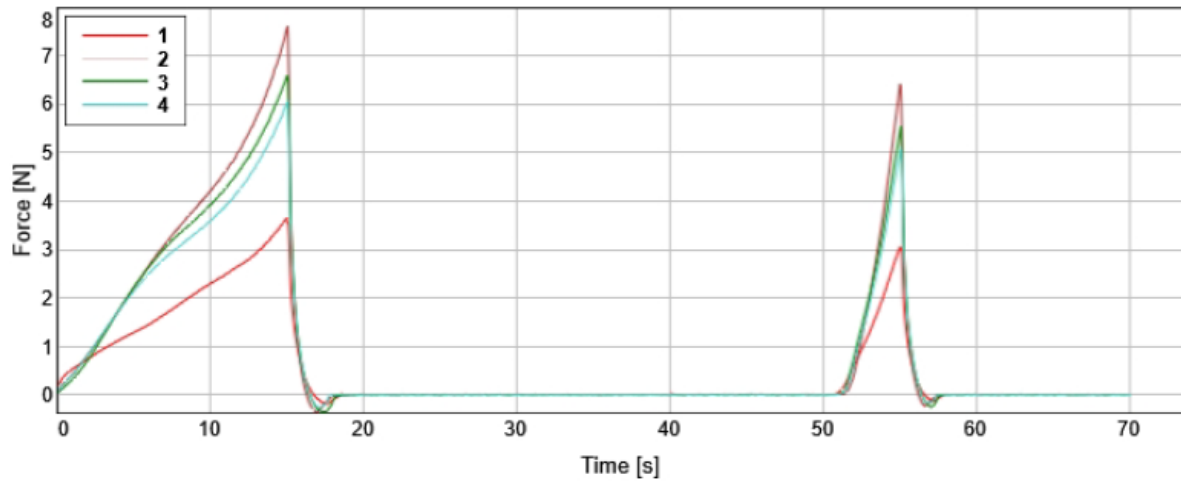
Από τα αποτελέσματα που βλέπουμε στην ενότητα 3, παρατηρούμε ότι, ο μέσος όρος της τιμής του ειδικού όγκου (cm^3/g) των δειγμάτων των κέικ με χρήση διαφορετικών υδροκολλοειδών και περιεκτικότητων τους, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές, για ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%, σε σχέση με το κέικ ελέγχου. Ειδικότερα, για την τιμή p-value, που είναι η ελάχιστη τιμή για το επίπεδο σημαντικότητας 5%, παρατηρούμε ότι ισχύει: p-value (όλων των δειγμάτων) $\geq \alpha$ ($=0.05$). Επομένως, συμπεραίνουμε ότι, δεν υπάρχουν ισχυρές στατιστικές αποδείξεις από τα δεδομένα για επίπεδο σημαντικότητας 5%, όπου η μηδενική υπόθεση που κάναμε, θα απορρίπτεται. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση του στατιστικού ελέγχου υποθέσεων δεν απορρίπτεται, οπότε, μπορούμε να πούμε ότι τα κέικ με διαφορετικά υδροκολλοειδή δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την τιμή του ειδικού όγκου (cm^3/g), με το κέικ με αλεύρι λούπινου 100% χωρίς υδροκολλοειδή, για ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Ακόμη, καμία στατιστικά σημαντική διαφορά, δεν προκύπτει μεταξύ τους, ούτε και για τις παραμέτρους της ελαστικότητας (πίνακας 22), μασητικότητας (πίνακας 23), απώλειας ψησίματος % (πίνακας 26) και ενεργότητας νερού (πίνακας 27).

Αντίθετα, μπορούμε να διαπιστώσουμε από τις τιμές p-value, ότι για ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στα ακόλουθα δείγματα και ιδιότητες: αρχικά, για τη μέτρηση της σκληρότητας από τον αναλυτή προφίλ υφής, βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στα δείγματα, Xan 1%, Xan 1.5%, Xan 2%, Xan 1.5% starch 10% και Xan 1.5% starch 20%, με τιμές p-value ίσες με 0.0155 0.0018 0.0276 0.0087 0.0083 αντίστοιχα, όπως φαίνονται και στον πίνακα 20. Ακόμη, για τη παράμετρο της συνεκτικότητας, βρέθηκε ότι p-value = 0.0389 < 0.05 για το δείγμα Xan 1.5% starch 20% (πίνακας 21). Ακολούθως, όσον αφορά τον δείκτη όγκου, υπήρχαν σημαντικές διαφορές στα δείγματα, Xan 1.5% , Xan 1.5% starch 10% και Xan 1.5% starch 20%, με τιμές p-value ίσες με 0.0058 0.0028 και 0.0113 αντίστοιχα, όπως φαίνεται και στον πίνακα 24. Τέλος, το δείγμα Xan 1.5%, παρουσίασε διαφορά και στην μέτρηση της υγρασίας, σε σχέση με το δείγμα ελέγχου, αποδίδοντας τιμή p-value = 0.0235, που φαίνεται και στον πίνακα 25.

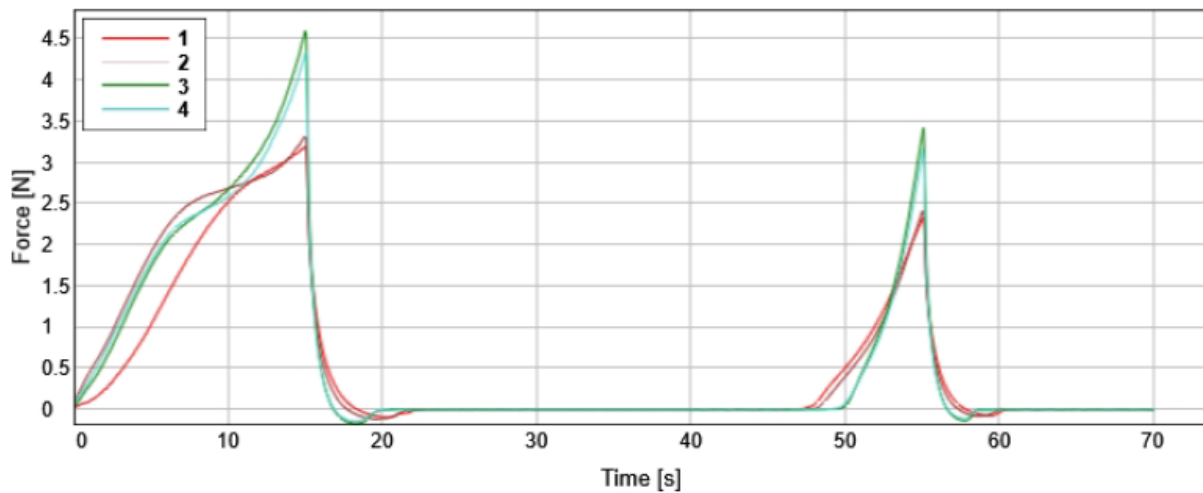
Επομένως, απ' όλα τα παραπάνω αποτελέσματα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, το δείγμα κέικ με ξανθάνη 1.5% και το δείγμα κέικ με ξανθάνη 1.5% + 10% υποκατάσταση αλεύρου λούπινου από άμυλο αραβοσίτου, απέδωσαν τις περισσότερες διαφοροποιήσεις σε ιδιότητες, ως προς το δείγμα ελέγχου, προσδίδοντας σε αυτό ένα καλύτερο αποτέλεσμα, όπως για παράδειγμα, η αύξηση του δείκτη όγκου, η μείωση της σκληρότητας και της υγρασίας. Επειδή όμως, κατά τη πειραματική διαδικασία παρατηρήθηκε μία δομική αστάθεια κατά το κρύωμα και το πέρας της μίας ώρας, τόσο στο κέικ με άμυλο 10%, όσο και σε αυτό με άμυλο 20%, τα δείγματα δεν λήφθηκαν υπόψιν. Οπότε, καταλήξαμε στο συμπέρασμα, ότι ένα κέικ που είναι ελεύθερο γλουτένης και παρασκευάζεται από 100% αλεύρι λούπινου, μπορεί να βελτιστοποιηθεί ως προς τις ιδιότητες του δείκτη όγκου, της περιεχόμενης υγρασίας % και της σκληρότητας στην υφή του (σε N), εάν προστεθεί σε αυτό ποσότητα ξανθάνης 1.5% επί αλεύρου. Αντίστοιχα ευρήματα προέκυψαν και σε άλλες παρόμοιες μελέτες. Παραδείγματος χάρι, σύμφωνα με την έρευνα (Gómez et al., 2007), μελετήθηκαν διάφορα υδροκολλοειδή (όπως, καραγενάνη, κόμμι ξανθάνης, γκουάρ, πηκτίνη και υδροξυλοπροπυλομεθυλοκυτταρίνη). Βρέθηκε, ότι οι ιδιότητες του κέικ, αλλά και η εξέλιξή τους στον χρόνο, όσον αφορά την αποθήκευση, άλλαξαν με την χρήση των υδροκολλοειδών. Συγκεκριμένα, η χρήση της ξανθάνης, απέδωσε το καλύτερο αποτέλεσμα. Ακόμη, η μελέτη (Itthivadhanarong et al., 2016), είχε ως σκοπό να συγκρίνει την προσθήκη 1% υδροκολλοειδών: καραγενάνη, γκουάρ, ξανθάνη και υδροξυλοπροπυλομεθυλοκυτταρίνη σε κέικ από μαύρο ρύζι ατμού. Βρέθηκε ότι, η αποδοχή του κέικ με τη χρήση της ξανθάνης και του γκουάρ, ήταν υψηλότερη σε σχέση με το δείγμα ελέγχου.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, από τα απεικονιστικά αποτελέσματα που παίρνουμε από το μηχάνημα ανάλυσης της υφής, παρατηρούμε διαφορές μεταξύ των δειγμάτων, οι οποίες σχετίζονται με την ικανότητα θραύσης τους. Όπως φαίνεται και παρακάτω, το δείγμα κέικ με ξανθάνη 2%, δεν φαίνεται να έχει κάποιο μικρό “ώμο” πριν την πρώτη κορυφή (σχήμα 27). Αυτό σημαίνει ότι, το συγκεκριμένο δείγμα, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη πλαστικότητα, δηλαδή, δεν αλλάζει μόνιμα το σχήμα του προϊόντος, μετά την άσκηση της εξωτερικής δύναμης. Αντίθετα, για το δείγμα του κέικ με 100% λούπινου, χωρίς

άλλη προσθήκη (σχήμα 28), βλέπουμε ότι, για μία τιμή δύναμης που ασκείται στο δείγμα σε σχέση με τον χρόνο, παρουσιάζει σημείο θραύσης, επομένως, υπάρχει μία τάση του συγκεκριμένου προϊόντος να θρυμματίζεται και να παραμορφώνεται. Στην ενότητα «Παράρτημα», φαίνονται όλα τα αποτελέσματα που λάβαμε από το μηχάνημα καταπόνησης, για όλα τα δείγματα της παρούσας μελέτης.



Σχήμα 27: Δεδομένα από το μηχάνημα μηχανικής καταπόνησης, για το δείγμα L-100-XAN 2%, όπου το 1,2,3,4, αντιστοιχούν στις επαναλήψεις του δείγματος.



Σχήμα 28: Δεδομένα από το μηχάνημα μηχανικής καταπόνησης, για το δείγμα L-100 όπου το 1,2,3,4, αντιστοιχούν στις επαναλήψεις του δείγματος.

4.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

Από τα αποτελέσματα που βλέπουμε στην ενότητα 3, παρατηρούμε ότι, για την μέτρηση του ειδικού όγκου (cm^3/g), το δείγμα με υποκατάσταση του λίπους από τα νανογαλακτώματα, σε ποσοστό 75%,

παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά με το δείγμα ελέγχου, που περιέχει 100% φοινικέλαιο, για ένα επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η τιμή p-value (πίνακας 28) που προκύπτει, είναι ίση με $0.0106 < 0.05$. Ακόμη, για την τιμή του δείκτη όγκου, βλέπουμε ότι τόσο το δείγμα με 50% υποκατάσταση της λιπαρής ύλης, όσο και με 75% υποκατάσταση, αποδίδουν τιμές p-value ίσες με 0.0232 και 0.0029 αντίστοιχα, όπως φαίνεται στον πίνακα 29. Αυτό, υποδεικνύει, ότι σε ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%, τα δείγματα αυτά, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, από το δείγμα ελέγχου. Σε ό,τι αφορά την μέτρηση της σκληρότητας, από τις πληροφορίες που πήραμε (πίνακας 30), το δείγμα 75% υποκατάστασης, αλλά και το δείγμα με MCT oil, διαφοροποιούνται από το κέικ με 100% φοινικέλαιο, καθώς τα p-value < 0.05 (0.0491 και 0.0243 αντίστοιχα). Να σχολιάσουμε σε αυτό το σημείο, ότι τέτοιου είδους τροποποιήσεις ως προς την σκληρότητα, είναι αναμενόμενες για το κέικ με MCT oil, καθώς βρίσκεται σε υγρή μορφή σε σχέση με το φοινικέλαιο, με αποτέλεσμα να αλλάζει η δομή του κέικ. Επιπροσθέτως, από τις τιμές p-value για όλα τα δείγματα που φαίνονται στους πίνακες 32, 33 και 36, αντιλαμβανόμαστε ότι για τις ιδιότητες της ελαστικότητας, μασητικότητας και ενεργότητας του νερού, δεν υφίστανται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων, με το αρχικό. Στην συνέχεια, από τα υπόλοιπα αποτελέσματα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, για τη συνεκτικότητα, διαφοροποιείται το δείγμα με MCT oil, με τιμή p-value = $0.0321 < 0.05$ (πίνακας 31) ενώ, για τις μετρήσεις της υγρασίας % (πίνακας 34) και της απώλειας ψησίματος % (πίνακας 35), διαφοροποιούνται όλα τα υποκατεστημένα κέικ με τα νανογαλακτώματα (15%, 35%, 50%, 75%).

Από όλα τα παραπάνω δεδομένα, μπορούμε να καταλήξουμε στο ότι, σε ένα ποσοστό υποκατάστασης έως και 35% του φοινικελαίου, από τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, μπορεί να είναι εφικτή αυτή η αλλαγή. Στις περισσότερες ιδιότητες που μετρήθηκαν πειραματικά, το δείγμα με ποσοστό 75% υποκαταστάτη, ήταν εκείνο που έδωσε διαφορετικά αποτελέσματα έναντι του δείγματος με 100% φοινικέλαιο, γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο, για την υποκατάσταση του κέικ. Για τα υπόλοιπα δείγματα, παρατηρήσαμε ότι το δείγμα 15% και το δείγμα 35%, τροποποιούνταν μόνο ως προς την υγρασία και την απώλεια ψησίματος, κάτι που υποδηλώνει την πιθανή ευκολία τους να μπορούν να υποκαταστήσουν το κέικ ελέγχου, χωρίς ιδιαίτερες φυσικοχημικές διαφορές. Τέλος, σε ό,τι αφορά το δείγμα με MCT oil 100%, έδωσε αντίστοιχα μόνο δύο στις εννέα διαφοροποιήσεις σε μετρήσεις. Επειδή όμως, αυτές σχετίζονταν με παραμέτρους υφής (σκληρότητα και συνεκτικότητα), θεωρούμε ότι αυτό θα αποτυπώνεται έντονα στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, καθώς αλλάζει η υφή του κέικ. Να σημειωθεί ότι, σε αντίστοιχες μελέτες δοκιμής υποκατάστασης του φοινικελαίου (Grossi Bovi Karatay et al., 2022), βρέθηκε ότι η χρήση “aquafaba” ρεβιθιών ως υποκαταστάτη της λιπαρής ύλης, όχι μόνο πέτυχε, αλλά απέδωσε και λίγο καλύτερες φυσικές ιδιότητες στο τελικό κέικ. Ακόμη, σε μία άλλη έρευνα (Lee et al., 2005), χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα αμυλοδεξτρίνης – β-γλυκάνης βρώμης, ως υποκαταστάτη της λιπαρής ύλης, σε ποσοστό 20%, 40% και 60%. Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι σε ένα ποσοστό έως 20%, το κέικ δεν παρουσίασε ιδιαίτερες διαφορές ως προς τις φυσικές ιδιότητες, με το δείγμα ελέγχου,

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα ερευνητική μελέτη, είχε ως σκοπό να αναπτύξει ένα προϊόν αρτοποιίας τύπου κέικ, με υποκατάσταση του αλεύρου σίτου, με αλεύρι λούπινου, προσπαθώντας να τυποποιηθεί μία συνταγή. Επιπλέον, έλαβε χώρα μία δοκιμή βελτιστοποίησης του κέικ που περιείχε 100% αλεύρι λούπινου, ως προς τις φυσικοχημικές του ιδιότητες. Ακόμη, στο ήδη βελτιστοποιημένο προϊόν που προέκυψε κατά τη μελέτη, πραγματοποιήθηκε προσπάθεια, ώστε να υποκατασταθεί η περιεχόμενη λιπαρή ύλη (φοινικέλαιο), από ενώσεις που παρασκευάστηκαν εργαστηριακά, υπό τη μορφή νανογαλακτωμάτων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, η χρήση του λούπινου ως μία εναλλακτική μορφή αλεύρου, με στόχο την δημιουργία κέικ με υψηλή ποσότητα πρωτεΐνη και η προσπάθεια εφαρμογής γαλακτωμάτων τύπου Pickering, ως υποκαταστάτες της λιπαρής ύλης σε προϊόντα κέικ (δεν έχει δοκιμαστεί μέχρι τώρα), αποτελούν στοιχεία πρωτοτυπίας για τη συγκεκριμένη εργασία. Βάσει των αποτελεσμάτων, μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής συνολικά συμπεράσματα: Πρώτα απ' όλα, από τα δεδομένα, προέκυψε ότι, το κέικ με μερική υποκατάσταση του αλεύρου σίτου από αλεύρι λούπινου, σε ποσοστό 20%, είναι εφικτό να αναπτυχθεί χωρίς να επηρεάζει τις ιδιότητες του προϊόντος που μετρήθηκαν, συγκριτικά με το κέικ που έχει 100% αλεύρι σίτου. Κατά την υποκατάσταση 20% του αλεύρου σίτου με λούπινο, προκύπτει κέικ, το οποίο διατηρεί τις ιδιότητες με το μη υποκατεστημένο, αλλά ταυτόχρονα, ενισχύεται το προϊόν, λόγω μεγάλης περιεκτικότητας του λούπινου σε πρωτεΐνη. Στην συνέχεια, σε ό,τι αφορά τις ενέργειες που έλαβαν χώρα για τη βελτιστοποίηση του κέικ με 100% αλεύρι λούπινου, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες περιεκτικότητες υδροκολλοειδών, προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός. Από τα αποτελέσματα που πήραμε και τις δοκιμές που έγιναν, βρέθηκε ότι το καταλληλότερο συστατικό που προτείνεται για τη βελτιστοποίηση του κέικ, είναι η ξανθάνη σε περιεκτικότητα 1.5% επί του αλεύρου. Ουσιαστικά, διαπιστώθηκε ότι, συγκριτικά με τις μετρήσεις που έγιναν για το δείγμα κέικ ελέγχου με 100% αλεύρι λούπινου χωρίς υδροκολλοειδή, το κέικ με την ξανθάνη 1.5%, είχε την ικανότητα να αυξάνει τον δείκτη όγκου κατά 10.56% και να μειώνει την σκληρότητα κατά 54.27% και την υγρασία κατά 5.69%. Επομένως, προέκυψε ένα πλήρως υποκατεστημένο προϊόν από αλεύρι λούπινου, του οποίου τα πλεονεκτήματα είναι, ότι αποτελεί προϊόν ελεύθερο γλουτένης και περιέχει πολύ υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης, σε σύγκριση με συμβατικά αντίστοιχα προϊόντα αρτοποιίας. Αξιόλογα ήταν εξίσου και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την υποκατάσταση του φοινικελαίου με διάφορες περιεκτικότητες νανογαλακτωμάτων. Από τις τιμές των μετρήσεων που πήραμε πειραματικά, καταλήξαμε στο ότι τα νανογαλακτώματα που παρασκευάσαμε, μπορούν να αποτελέσουν υποκαταστάτη του φοινικελαίου, σε ένα λειτουργικό ποσοστό έως 35%, καθώς σε μεγαλύτερο, αρχίζουν και διαφοροποιούνται σημαντικά, αρκετές ιδιότητες του κέικ. Τέλος, συνοψίζοντας από όλα τα παραπάνω, είναι χρήσιμο να τονίσουμε ότι τελικά, μετά το πέρας της εργασίας αυτής, διαπιστώσαμε ότι: είναι εφικτό να αναπτυχθεί ένα προϊόν αρτοποιίας τύπου κέικ, το οποίο, να είναι κατά 20%

υποκατεστημένο με αλεύρι λούπινου, χωρίς να επηρεάζονται οι φυσικές ιδιότητες. Ακόμη, γίνεται να παραχθεί ένα προϊόν κέικ το οποίο θα είναι όχι μόνο ελεύθερο γλουτένης (αφού περιέχει 100% αλεύρι λούπινου), αλλά και μειωμένων λιπαρών, καθώς μέρος (35%) της λιπαρής ύλης (φοινικέλαιο), υποκαταστάθηκε επαρκώς από παρασκευές νανογαλακτωμάτων και υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (86%).

Κλείνοντας, δίνοντας αφορμή για μελλοντικές μελέτες, είναι σκόπιμο να σχολιάσουμε ότι, θα μπορούσαν να γίνουν οι ακόλουθες περαιτέρω έρευνες: αρχικά, θα ήταν χρήσιμο να γίνουν δοκιμές ως προς διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασιών και χρόνων ψήσιματος, ώστε να μελετηθεί η επίδραση στο χρώμα και στην δομή του κέικ. Επίσης, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν πειραματικές μελέτες, που αφορούν την αποθήκευση και τη διάρκεια ζωής των προϊόντων που καταλήξαμε, καθώς και να ακολουθήσει μία οργανοληπτική τους αξιολόγηση. Τέλος, μπορεί ακόμη να δοκιμαστεί το ψήσιμο τους, σε περιστρεφόμενο φούρνο (rotary oven), όπως αυτός προτείνεται στην πρότυπη μέθοδο και να καταγραφούν οι τυχόν διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται. Τα προϊόντα αυτά που αναπτύχθηκαν, αποτελούν αναπόφευκτα μέρος του ενδιαφέροντος, τόσο της βιομηχανίας τροφίμων, όσο και της σύγχρονης καταναλωτικής αγοράς, που έχει υψηλές διατροφικές απαιτήσεις και ανάγκες.

6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

I. ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Πίνακας 37: Συγκεντρωτικές τιμές ειδικού όγκο, για όλα τα δείγματα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ
W-100	1.7509± 0.1061
L-20	1.7386±0.1487
L-35	1.5917±0.0613
L-50	1.5157±0.1275
L-80	1.5004±0.1858
L-100	1.4125±0.1085
L-100 1 % X 0.5% HPMC	1.4403±0.1397
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	1.1930±0.0914
L-100 1% X	1.2855±0.0977
L-100 1.5% X	1.4237±0.0569
L-100 2% X	1.4026±0.0773
L-100 X 1.5% Starch 10%	1.3623±0.0901
L-100 X 1.5% Starch 20%	1.4264±0.0935
L-100 X1.5% sub 15%	1.4207±0.0320
L-100 X1.5% sub 35%	1.4337±0.0975
L-100 X1.5% sub 50%	1.3210±0.0876
L-100 X1.5% sub 75%	1.1642±0.0304
L-100 X 1.5% MCT-OIL	1.3022±0.0323

Πίνακας 38: Συγκεντρωτικές τιμές του δείκτη όγκου, για όλα τα δείγματα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΔΕΙΚΤΗ ΟΓΚΟΥ
W-100	24.97±0.81
L-20	24.20±1.45
L-35	22.60±0.61
L-50	20.13±0.15
L-80	18.30±0.28
L-100	18.00±0.00
L-100 1 % X 0.5% HPMC	18.83±0.55
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	18.20±0.00
L-100 1% X	19.10±0.87
L-100 1.5% X	19.90±0.36
L-100 2% X	18.95±0.78
L-100 X 1.5% Starch 10%	19.90±0.14
L-100 X 1.5% Starch 20%	20.80±0.42
L-100 X1.5% sub 15%	19.60±0.28
L-100 X1.5% sub 35%	18.65±0.78
L-100 X1.5% sub 50%	18.65±0.21
L-100 X1.5% sub 75%	17.45±0.07
L-100 X 1.5% MCT-OIL	20.30±0.14

Πίνακας 39: Τιμές B, C, D που μετρήθηκαν για όλα τα δείγματα κέικ.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΓΙΑ Β	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΓΙΑ C	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΓΙΑ D
W-100	8.13±0.15	8.73±0.46	8.10±0.26
L-20	7.93±0.51	8.47±0.45	7.80±0.53
L-35	7.50±0.26	7.67±0.31	7.43±0.21
L-50	6.57±0.21	6.80±0.10	6.77±0.25
L-80	6.10±0.14	6.10±0.00	6.10±0.14
L-100	6.00±0.00	6.00±0.00	6.00±0.00
L-100 1 % X 0.5% HPMC	6.17±0.15	6.43±0.21	6.23±0.21
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	6.00±0.00	6.25±0.07	5.95±0.07
L-100 1% X	6.27±0.25	6.47±0.35	6.37±0.32
L-100 1.5% X	6.53±0.06	6.80±0.26	6.57±0.12
L-100 2% X	6.30±0.28	6.45±0.35	6.20±0.14
L-100 X 1.5% Starch 10%	6.65±0.21	6.70±0.00	6.55±0.07
L-100 X 1.5% Starch 20%	6.75±0.35	7.15±0.21	6.90±0.57
L-100 X1.5% sub 15%	6.40±0.14	6.80±0.28	6.40±0.14
L-100 X1.5% sub 35%	6.25±0.21	6.40±0.14	6.25±0.07
L-100 X1.5% sub 50%	6.20±0.00	6.30±0.14	6.15±0.07
L-100 X1.5% sub 75%	5.80±0.14	5.70±0.00	5.95±0.07
L-100 X 1.5% MCT-OIL	6.45±0.07	7.15±0.07	6.70±0.00

Πίνακας 40: Συγκεντρωτικές τιμές της σκληρότητας, για όλα τα δείγματα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ
W-100	4.73±0.18
L-20	4.51±0.75
L-35	3.93±1.98
L-50	5.34±0.50
L-80	6.53±1.06
L-100	12.53±0.94
L-100 1 % X 0.5% HPMC	7.75±3.83
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	11.91±3.03
L-100 1% X	6.33±1.53
L-100 1.5% X	5.73±0.56
L-100 2% X	5.86±1.29
L-100 X 1.5% Starch 10%	5.15±0.28
L-100 X 1.5% Starch 20%	4.86±0.33
L-100 X1.5% sub 15%	6.30±1.06
L-100 X1.5% sub 35%	5.74±1.85
L-100 X1.5% sub 50%	6.48±1.05
L-100 X1.5% sub 75%	7.47±0.66
L-100 X 1.5% MCT-OIL	10.58±2.03

Πίνακας 41: Συγκεντρωτικές τιμές της συνεκτικότητας, για όλα τα δείγματα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
W-100	0.55±0.03
L-20	0.52±0.02
L-35	0.47±0.01
L-50	0.41±0.02
L-80	0.26±0.01
L-100	0.23±0.01
L-100 1 % X 0.5% HPMC	0.23±0.02
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	0.20±0.01
L-100 1% X	0.24±0.03
L-100 1.5% X	0.23±0.01
L-100 2% X	0.23±0.01
L-100 X 1.5% Starch 10%	0.28±0.02
L-100 X 1.5% Starch 20%	0.28±0.01
L-100 X1.5% sub 15%	0.26±0.01
L-100 X1.5% sub 35%	0.24±0.01
L-100 X1.5% sub 50%	0.25±0.03
L-100 X1.5% sub 75%	0.26±0.02
L-100 X 1.5% MCT-OIL	0.27±0.01

Πίνακας 42: Συγκεντρωτικές τιμές της ελαστικότητας, για όλα τα δείγματα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
W-100	0.83±0.04
L-20	.77±0.04
L-35	0.74±0.04
L-50	0.63±0.01
L-80	0.40±0.02
L-100	0.34±0.03
L-100 1 % X 0.5% HPMC	0.32±0.03
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	0.25±0.02
L-100 1% X	0.33±0.01
L-100 1.5% X	0.30±0.03
L-100 2% X	0.29±0.03
L-100 X 1.5% Starch 10%	0.35±0.04
L-100 X 1.5% Starch 20%	0.40±0.01
L-100 X1.5% sub 15%	0.35±0.01
L-100 X1.5% sub 35%	0.32±0.02
L-100 X1.5% sub 50%	0.34±0.02
L-100 X1.5% sub 75%	0.35±0.02
L-100 X 1.5% MCT-OIL	0.36±0.02

Πίνακας 43: Συγκεντρωτικές τιμές της μασητικότητας, για όλα τα δείγματα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
W-100	2.42±0.34
L-20	1.88±0.16
L-35	1.55±0.12
L-50	1.41±0.11
L-80	0.73±0.24
L-100	0.52±0.20
L-100 1 % X 0.5% HPMC	0.58±0.08
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	0.55±0.03
L-100 1% X	0.41±0.10
L-100 1.5% X	0.50±0.08
L-100 2% X	0.45±0.04
L-100 X 1.5% Starch 10%	0.48±0.02
L-100 X 1.5% Starch 20%	0.52±0.04
L-100 X1.5% sub 15%	0.52±0.05
L-100 X1.5% sub 35%	0.45±0.08
L-100 X1.5% sub 50%	0.52±0.03
L-100 X1.5% sub 75%	0.59±0.06
L-100 X 1.5% MCT-OIL	1.04±0.35

Πίνακας 44: Συγκεντρωτικές τιμές της απώλειας ψησίματος %, για όλα τα δείγματα.

ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ BAKING LOSS%
W-100	8.73±0.06
L-20	9.79±0.90
L-35	9.39±0.41
L-50	9.06±0.27
L-80	9.47±0.64
L-100	9.81±0.62
L-100 1 % X 0.5% HPMC	9.35±0.57
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	8.47±0.71
L-100 1% X	9.21±0.63
L-100 1.5% X	9.27±0.10
L-100 2% X	8.76±0.61
L-100 X 1.5% Starch 10%	9.22±0.42
L-100 X 1.5% Starch 20%	9.10±0.22
L-100 X1.5% sub 15%	9.92±0.14
L-100 X1.5% sub 35%	10.21±0.14
L-100 X1.5% sub 50%	10.27±0.16
L-100 X1.5% sub 75%	10.95±0.34
L-100 X 1.5% MCT-OIL	9.20±0.75

Πίνακας 45: Συγκεντρωτικές τιμές της υγρασίας %, για όλα τα δείγματα.

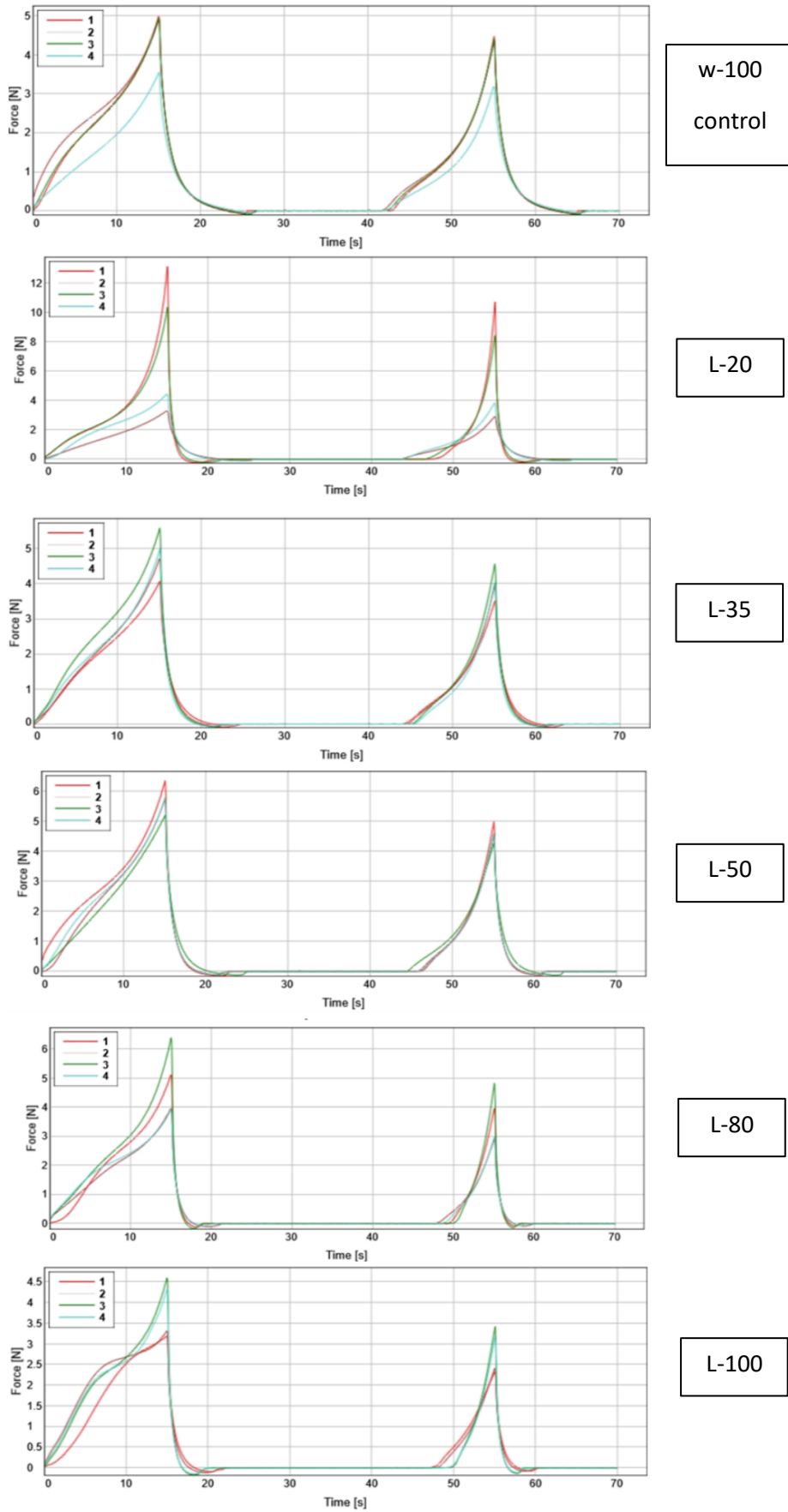
ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ%
W-100	31.20±0.63
L-20	32.18±2.92
L-35	31.54±0.28
L-50	31.94±0.13
L-80	31.02±0.63
L-100	31.98±0.74
L-100 1 % X 0.5% HPMC	30.01±0.70
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	29.10±1.48
L-100 1% X	30.91±1.26
L-100 1.5% X	30.16±0.24
L-100 2% X	28.75
L-100 X 1.5% Starch 10%	30.93±0.62
L-100 X 1.5% Starch 20%	31.47±0.23
L-100 X1.5% sub 15%	32.69±0.49
L-100 X1.5% sub 35%	33.27±0.53
L-100 X1.5% sub 50%	35.54±0.40
L-100 X1.5% sub 75%	36.94±1.04
L-100 X 1.5% MCT-OIL	30.60±0.16

Πίνακας 46: Συγκεντρωτικές τιμές της ενεργότητας νερού, για όλα τα δείγματα.

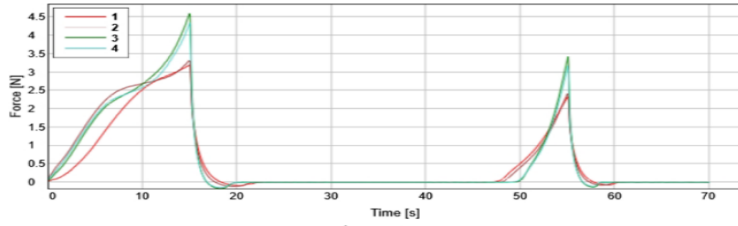
ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ
W-100	0.896±0.051
L-20	0.908±0.042
L-35	0.879±0.010
L-50	0.922±0.025
L-80	0.901±0.036
L-100	0.902±0.043
L-100 1 % X 0.5% HPMC	0.939±0.034
L-100 X 1.33% HPMC 0.66%	0.976±0.005
L-100 1% X	0.887±0.041
L-100 1.5% X	0.950±0.020
L-100 2% X	0.971±0.003
L-100 X 1.5% Starch 10%	0.904±0.010
L-100 X 1.5% Starch 20%	0.965±0.004
L-100 X1.5% sub 15%	0.951±0.002
L-100 X1.5% sub 35%	0.963±0.004
L-100 X1.5% sub 50%	0.966±0.002
L-100 X1.5% sub 75%	0.965±0.015
L-100 X 1.5% MCT-OIL	0.941±0.019

II. ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

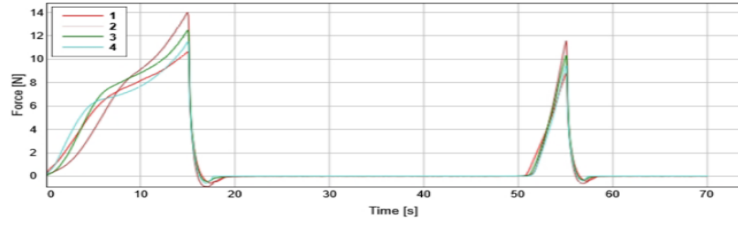
Δεδομένα από αναλυτή υφής



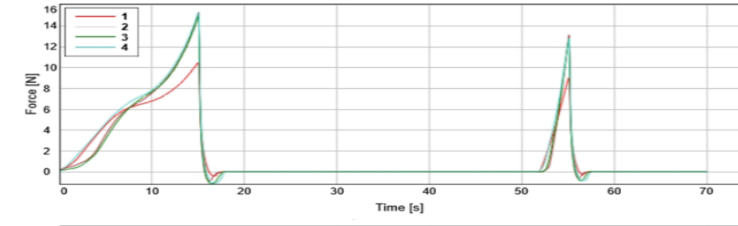
Σχήμα 29: Συγκριτικά αποτελέσματα από τον αναλυτή υφής, για το πρώτο μέρος.



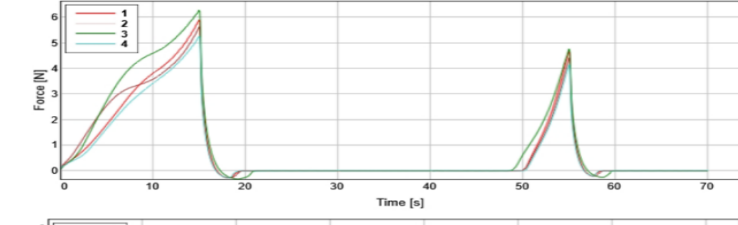
L-100
control



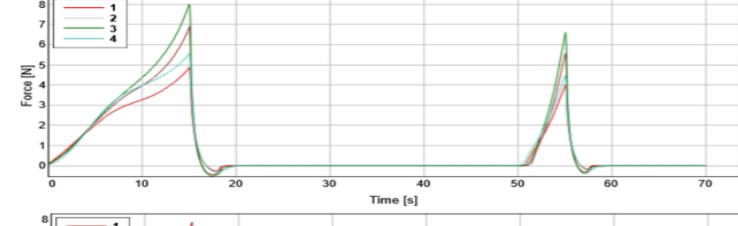
L-100 XAN 1%- HPMC 0.5%



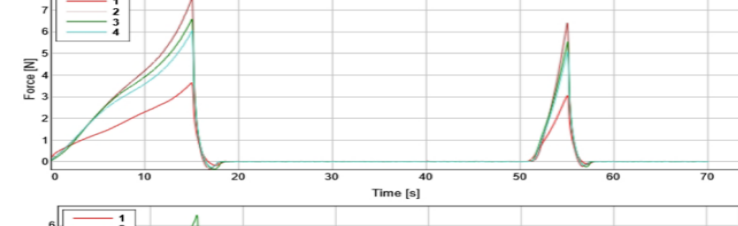
L-100 XAN 1.33%- HPMC 0.66%



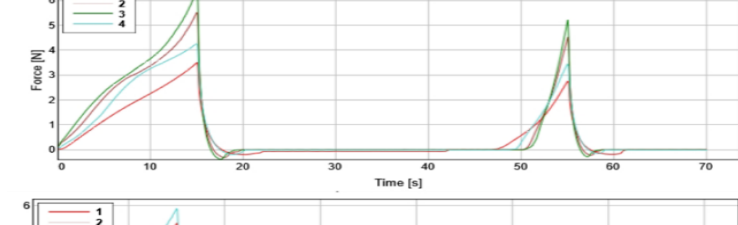
L-100 XAN 1%



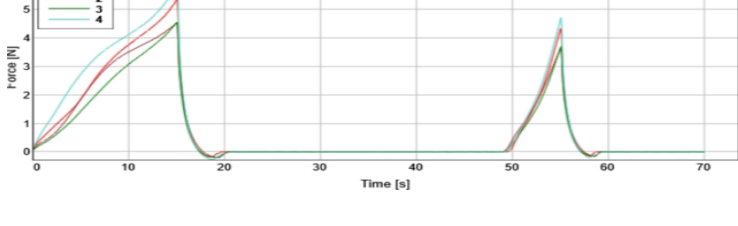
L-100 XAN 1.5%



L-100 XAN 2%

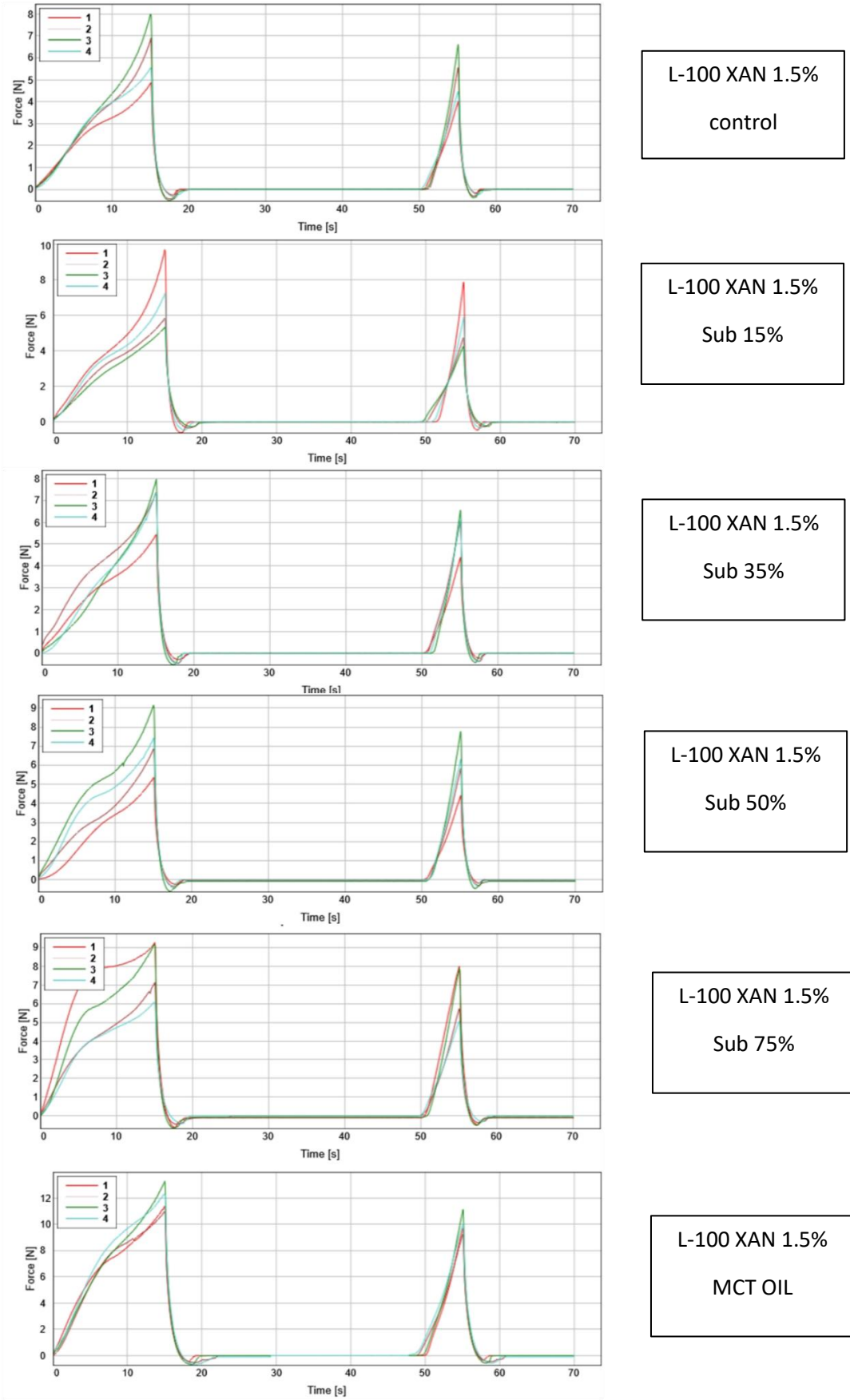


L-100 XAN 1.5%-
starch 10%



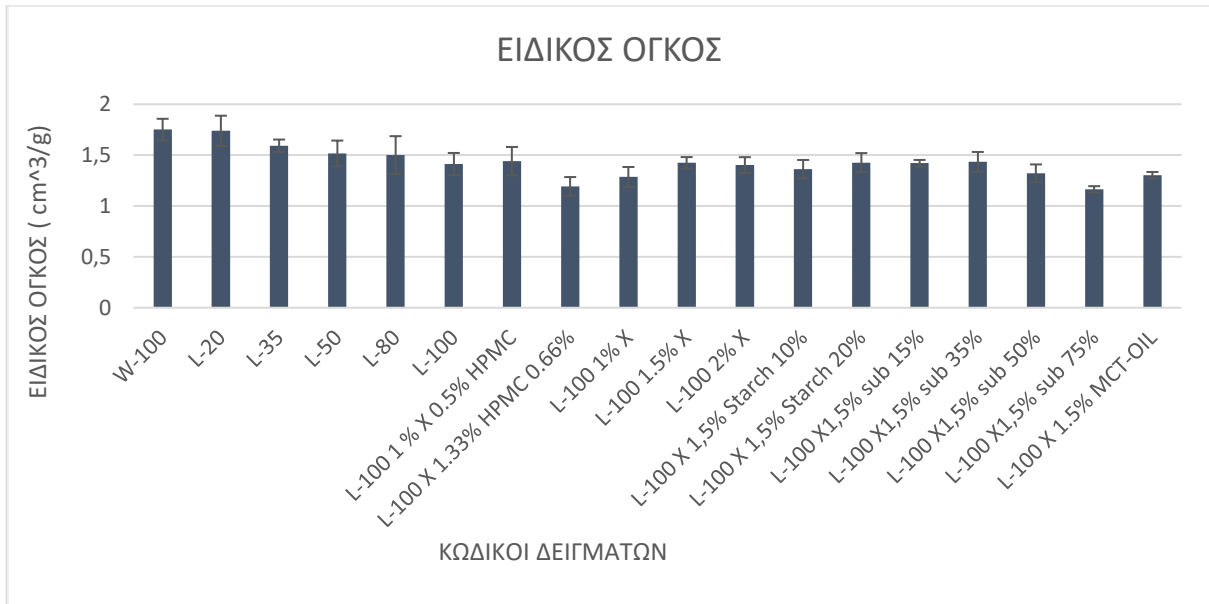
L-100 XAN 1.5%-
starch 20%

Σχήμα 30: Συγκριτικά αποτελέσματα από τον αναλυτή υφής, για το δεύτερο μέρος.



Σχήμα 31: Συγκριτικά αποτελέσματα από τον αναλυτή υφής, για το τρίτο μέρος.

Συνολικά γραφήματα για όλα τα δείγματα



Σχήμα 32: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση του ειδικού όγκου.



Σχήμα 33: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση του δείκτη όγκου.



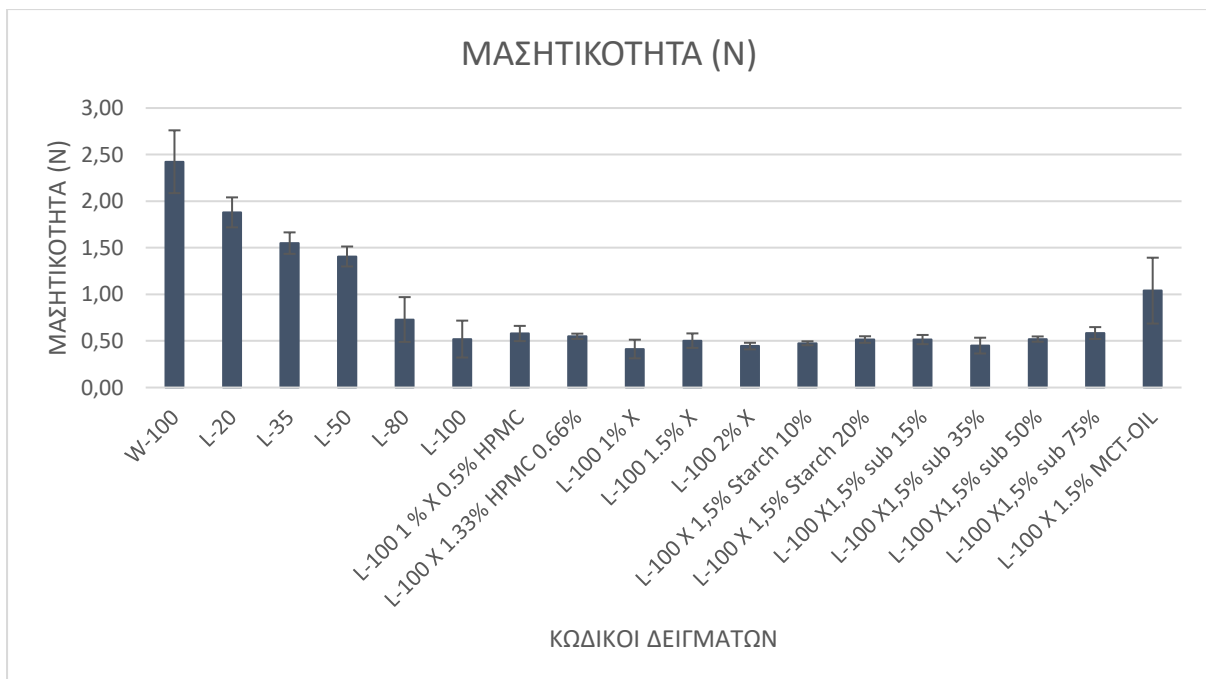
Σχήμα 34: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση της σκληρότητας.



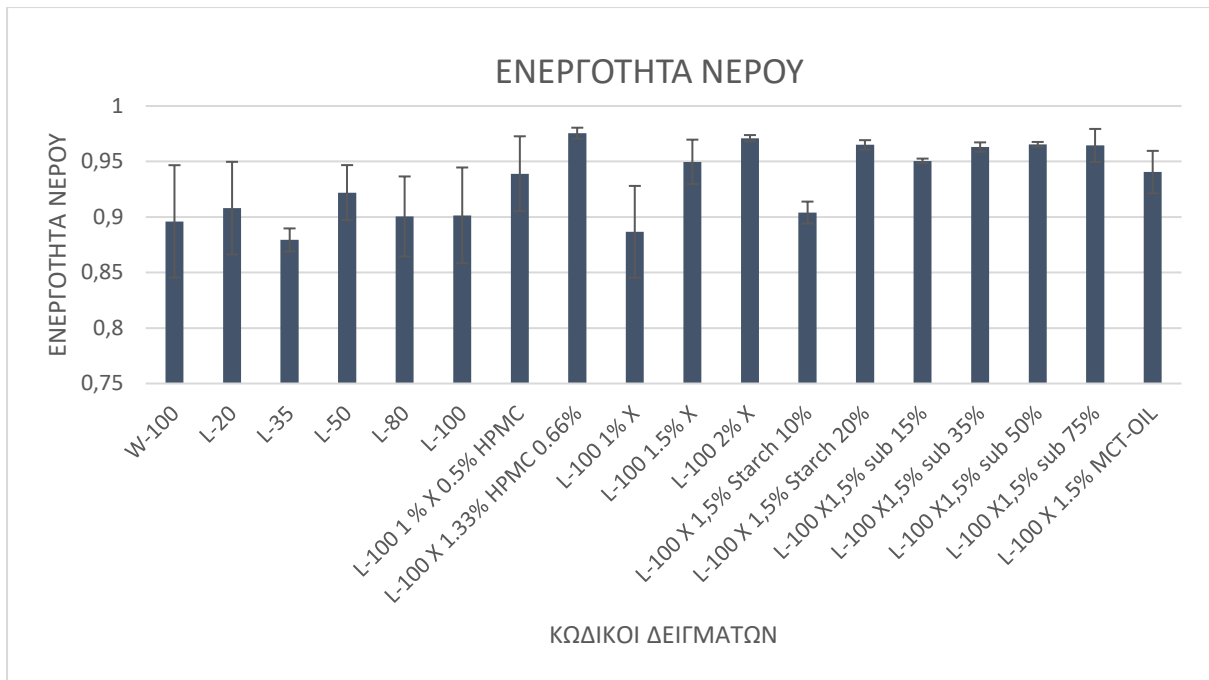
Σχήμα 35: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση της συνεκτικότητας.



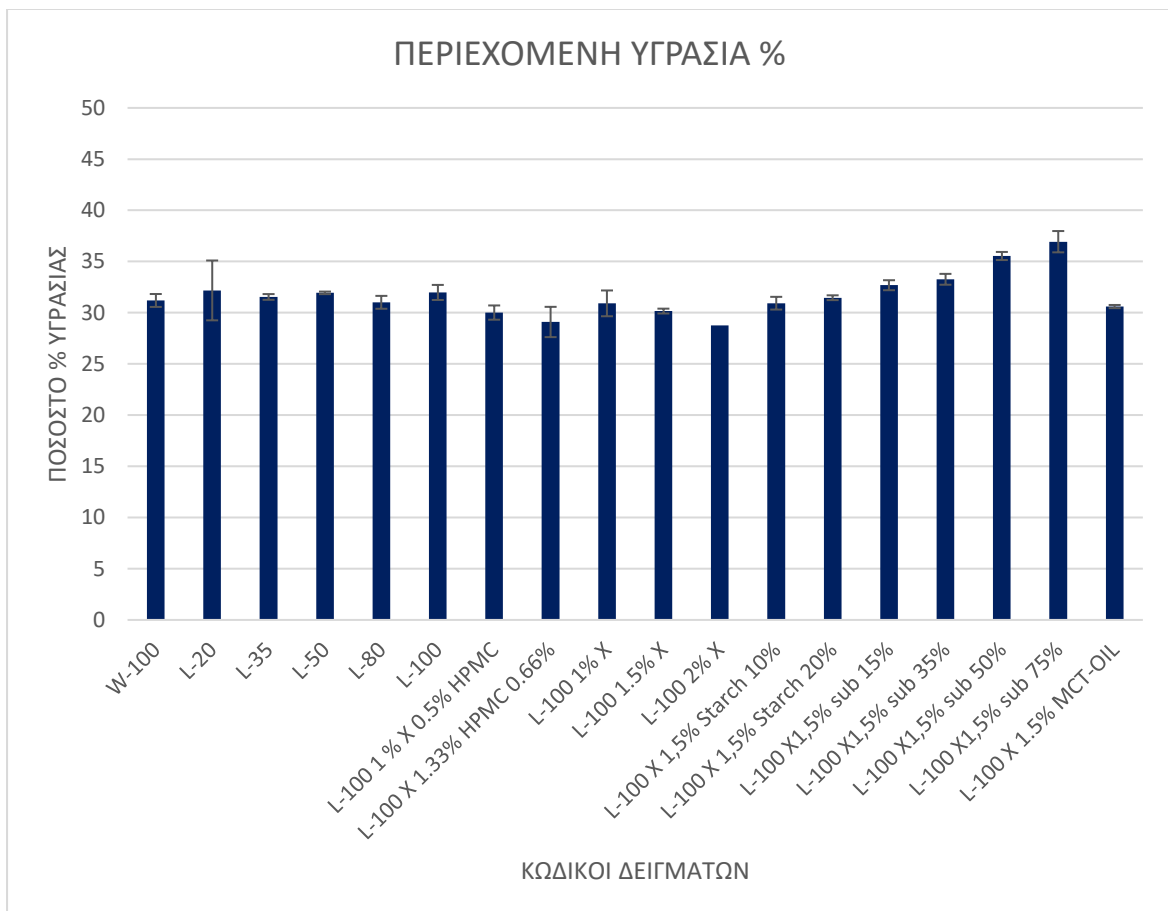
Σχήμα 36: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση της ελαστικότητας.



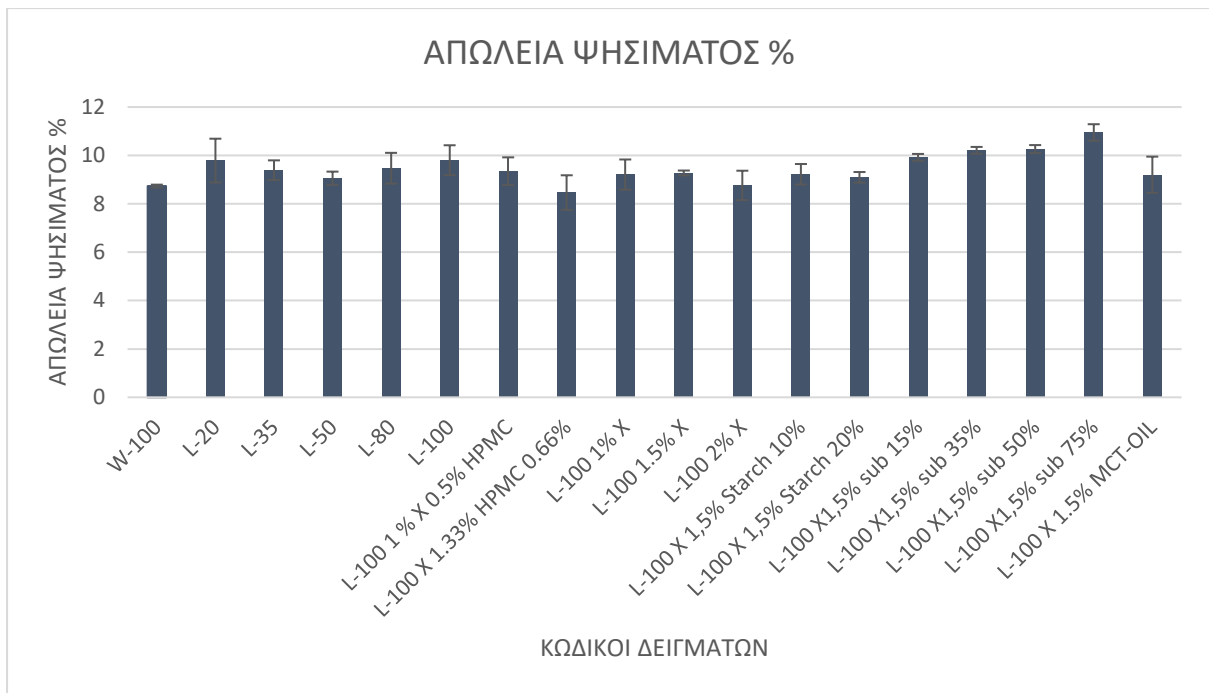
Σχήμα 37: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση της μασητικότητας.



Σχήμα 38: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση της ενεργότητας του νερού.



Σχήμα 39: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση του ποσοστού υγρασίας %.



Σχήμα 40: Συνολική απεικόνιση όλων των δειγμάτων, ως προς τη μέτρηση του ποσοστού απώλειας ψησίματος %.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10-05.01. Guidelines for Measurements of Volume by Rapeseed Displacement. Approved (October) (17), (2001). Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-05.01>
- AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10-90.01. Baking Quality of Cake Flour. Approved (October) (08), (1976). Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-90.01>
- AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10-91.01. Use of Layer Cake Measuring Template. Approved (October) (15), (1997). Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-91.01>
- AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 44-20.01. Moisture-ASBC Air-Oven Method. Approved (April) (13), (1961). Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-44-20.01>
- Adrian John Pieters. (1927). *Green Manuring*. J. Wiley & sons.
- Akoh, C.C. (1998). Fat replacers, The institute of food technologists' expert panel on food safety and nutrition, *Food Technology*, 52(3): 47-53
- Al-Dmoor, H. M. (2013). CAKE FLOUR: FUNCTIONALITY AND QUALITY. *Core.ac.uk*, 9. https://core.ac.uk/display/236407607?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1
- Al-Muhtaseb, A. H., Hararah, M. A., Megahey, E. K., McMinn, W. A. M., & Magee, T. R. A. (2010). Moisture adsorption isotherms of microwave-baked Madeira cake. *LWT - Food Science and Technology*, 43(7), 1042–1049. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.003>
- Andrade, F., Priscilla B.S. Albuquerque, Maciel, G., Farias, P., Maria, D., Vicente, A. A., & Carneiro-da-Cunha, M. G. (2018). Influence of hydrocolloids (galactomannan and xanthan gum) on the physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cakes based on fava beans (*Phaseolus lunatus*). *Food & Function*, 9(12), 6369–6379. <https://doi.org/10.1039/c8fo01448e>
- Apostolidis, E., Stergiou, A., Kioupis, D., Sadeghpour, A., Paximada, P., Kakali, G., & Mandala, I. (2023). Production of nanoparticles from resistant starch via a simple three-step physical treatment. *Food Hydrocolloids*, 137, 108412. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108412>
- Azmoon, E., Saberi, F., Kouhsari, F., Akbari, M., Kieliszek, M., & Vakilinezam, A. (2021). The Effects of Hydrocolloids-Protein Mixture as a Fat Replacer on Physicochemical Characteristics of Sugar-Free Muffin Cake: Modeling and Optimization. *Foods*, 10(7), 1549. <https://doi.org/10.3390/foods10071549>
- Barriuso, B., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2012). A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. *European Food Research and Technology*, 236(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1866-9>
- Bennion, E. B., Bamford, G. S. T., & Bent, A. J. (1997). Cake-making processes. *The Technology of Cake Making*, 251–274. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6690-5_21
- Bent, A. J., Bennion, E. B., & Bamford, G. S. T. (2013). The Technology of Cake Making. In *Google Books* (pp. 380–381). Springer Science & Business Media.

https://www.google.gr/books/edition/The_Technology_of_Cake_Making/tFvtBwAAQBAJ?hl=el&gbpv=1&dq=cake+specific+volume+measurement&pg=PA381&printsec=frontcover

- Capriles, V. D., Almeida, E. L., Ferreira, R. E., Arêas, J. A. G., Steel, C. J., & Chang, Y. K. (2008). Physical and Sensory Properties of Regular and Reduced-Fat Pound Cakes with Added Amaranth Flour. *Cereal Chemistry Journal*, 85(5), 614–618. <https://doi.org/10.1094/cchem-85-5-0614>
- Cazzolla Gatti, R., Liang, J., Velichevskaya, A., & Zhou, M. (2019). Sustainable palm oil may not be so sustainable. *Science of the Total Environment*, 652, 48–51. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.222>
- C.F. Ognean, et al. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, Volume XII, No. 2 (2006), 433-442
- Chavan, R. S., Khedkar, C. D., & Bhatt, S. (2016). Fat Replacer. *Encyclopedia of Food and Health*, 589–595. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00271-3>
- Chen, L., Ao, F., Ge, X., & Shen, W. (2020). Food-Grade Pickering Emulsions: Preparation, Stabilization and Applications. *Molecules*, 25(14), 3202. <https://doi.org/10.3390/molecules25143202>
- Chuang, G. C.-C., & Yeh, A.-I. (2006). Rheological characteristics and texture attributes of glutinous rice cakes (mochi). *Journal of Food Engineering*, 74(3), 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.001>
- Colla, K., Costanzo, A., & Gamlath, S. (2018). Fat Replacers in Baked Food Products. *Foods*, 7(12), 192. <https://doi.org/10.3390/foods7120192>
- Conforti, F. D. (2014). Cake Manufacture. *Bakery Products Science and Technology*, 563–584. <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch32>
- Conforti, F. D., & Archilla, L. (2001). Evaluation of a maltodextrin gel as a partial replacement for fat in a high-ratio white-layer cake. *International Journal of Consumer Studies*, 25(3), 238–245. <https://doi.org/10.1046/j.1470-6431.2001.00178.x>
- de Souza, R. J., Mente, A., Maroleanu, A., Cozma, A. I., Ha, V., Kishibe, T., Uleryk, E., Budyłowski, P., Schönemann, H., Beyene, J., & Anand, S. S. (2015). Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ*, 351, h3978. <https://doi.org/10.1136/bmj.h3978>
- Demirkesen, I., & Mert, B. (2019). Recent developments of oleogel utilizations in bakery products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(14), 2460–2479. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1649243>
- Dervas, G., Doxastakis, G., Hadjisavva-Zinoviadi, S., & Triantafyllakos, N. (1999). Lupin flour addition to wheat flour doughs and effect on rheological properties. *Food Chemistry*, 66(1), 67–73. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(98\)00234-9](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(98)00234-9)
- Edwards, W. P. (2007). *The Science of Bakery Products*. Cambridge Royal Society Of Chemistry.
- Erbaş, M., Certel, M., & Uslu, M. K. (2005). Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*, 89(3), 341–345. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.040>

- Faluyi, M. A., Zhou, X. M., Zhang, F., Leibovitch, S., Migner, P., & Smith, D. L. (2000). Seed quality of sweet white lupin (*Lupinus albus*) and management practice in eastern Canada. *European Journal of Agronomy*, *13*(1), 27–37. [https://doi.org/10.1016/s1161-0301\(00\)00057-5](https://doi.org/10.1016/s1161-0301(00)00057-5)
- Fattore, E., & Fanelli, R. (2013). Palm oil and palmitic acid: a review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *64*(5), 648–659. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.768213>
- Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT - Food Science and Technology*, *63*(2), 1049–1055. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.114>
- Fernandes, S. S., & Salas-Mellado, M. de las M. (2017). Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. *Food Chemistry*, *227*, 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.075>
- Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, *21*(2), 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.012>
- Grossi Bovi Karatay, G., Rebellato, A. P., Joy Steel, C., & Dupas Hubinger, M. (2022). Chickpea Aquafaba-Based Emulsions as a Fat Replacer in Pound Cake: Impact on Cake Properties and Sensory Analysis. *Foods*, *11*(16), 2484. <https://doi.org/10.3390/foods11162484>
- Gutiérrez-Luna, K., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2021). Gels as fat replacers in bakery products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1869693>
- Herrero, A. M., de la Hoz, L., Ordóñez, J. A., Herranz, B., Romero de Ávila, M. D., & Cambero, M. I. (2008). Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. *Meat Science*, *80*(3), 690–696. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.008>
- Herrero, A. M., Ordóñez, J. A., de Avila, R., Herranz, B., de la Hoz, L., & Cambero, M. I. (2007). Breaking strength of dry fermented sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. *Meat Science*, *77*(3), 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.022>
- Hosseini, S. E., & Abdul Wahid, M. (2013). Pollutant in palm oil production process. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *65*(7), 773–781. <https://doi.org/10.1080/10962247.2013.873092>
- Huyghe, C. (1997). White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research*, *53*(1-3), 147–160. [https://doi.org/10.1016/s0378-4290\(97\)00028-2](https://doi.org/10.1016/s0378-4290(97)00028-2)
- Itthivadhanapong, P., Jantathai, S., & Schleining, G. (2016). Improvement of physical properties of gluten-free steamed cake based on black waxy rice flour using different hydrocolloids. *Journal of Food Science and Technology*, *53*(6), 2733–2741. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2245-5>
- Jappe, U., & Vieths, S. (2009). Lupine, a source of new as well as hidden food allergens. *Molecular Nutrition & Food Research*, *54*(1), 113–126. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900365>
- Kellens, M., Gibon, V., Hendrix, M., & De Greyt, W. (2007). Palm oil fractionation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *109*(4), 336–349. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600309>

- Liu X, Harding SV, Rideout TC. Saturated Fat and Cardiovascular Health: Phenotype and Dietary Factors Influencing Interindividual Responsiveness. *Curr Atheroscler Rep.* 2022 May;24(5):391-398. doi: 10.1007/s11883-022-01014-w. Epub 2022 Mar 23. PMID: 35320834.
- Loza, A., & Lampart-Szczapa, E. (2008). Allergenicity of lupine proteins-A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 58(3), 283–287.
- Marcus, J. B. (2013). *Lipids Basics: Fats and Oils in Foods and Health. Culinary Nutrition*, 231–277. doi:10.1016/b978-0-12-391882-6.00006-6 10.1016/b978-0-12-391882-6.00006-6
- Oil World. (2013). Oil world annual 2013. Retrieved from <http://www.oilworld.biz/app.php> Released June 2013.
- Rosenthal A.J. (1999). Relation Between Instrumental and Sensory Measures of Food Texture In Food Texture: Measurement and Perception (pp 1-17). Editor Rosenthal, A.J., Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Κετικίδου, Α. (2021). Νανοενθλάκωση στην βιομηχανία τροφίμων. *Aegean.gr*. <http://hdl.handle.net/11610/23301>
- Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Schmidt, Š. (2011). Lupin composition and possible use in bakery – a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(No. 3), 203–211. <https://doi.org/10.17221/252/2009-cjfs>
- Kothalawala, S. G., & Marasinghe, S. P. (2018). Review on Effects of Baking with Fat, Fat Polymorphism and Commonly Used Fat Replacers. *International Journal of Research*, 05(15), 2775–2779.
- Kurlovich, B. S. (2002). *Lupins*. Bogouslav Kourlovitch.
- Kweon, M., Slade, L., & Levine, H. (2016). Cake Baking with Alternative Carbohydrates for Potential Sucrose Replacement. II. Functionality of Healthful Oligomers and Their Effects on High-Ratio Cake-Baking Performance. *Cereal Chemistry Journal*, 93(6), 568–575. <https://doi.org/10.1094/cchem-03-16-0056-r>
- Lee, S., Kim, S., & Inglett, G. E. (2005). Effect of Shortening Replacement with Oatrim on the Physical and Rheological Properties of Cakes. *Cereal Chemistry Journal*, 82(2), 120–124. <https://doi.org/10.1094/cc-82-0120>
- Levent, H., & Bilgiçli, N. (2011). Enrichment of gluten-free cakes with lupin (*Lupinus albus*L.) or buckwheat (*Fagopyrum esculentum*M.) flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(7), 725–728. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.572546>
- Linke, C., & Drusch, S. (2017). Pickering emulsions in foods - opportunities and limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(12), 1971–1985. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1290578>
- Manan, Z. A., Siang, L. C., & Mustapa, A. N. (2009). Development of a New Process for Palm Oil Refining Based on Supercritical Fluid Extraction Technology. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(11), 5420–5426. <https://doi.org/10.1021/ie801735y>
- Manitoba. (2016). *Agriculture | Province of Manitoba*. Province of Manitoba - Agriculture. <https://www.gov.mb.ca/agriculture/food-safety/at-the-food-processor/water-content-water-activity.html>

- Marketing, S. &. (2020, September 3). *Inclusion Learning Centre: Sustainable Palm Oil Coatings* -. FoodFlo International Ltd. <https://foodflo.co.nz/inclusion-learning-centre-palm-oil-confectionery-coating/>
- Mba, O. I., Dumont, M.-J., & Ngadi, M. (2015). Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry – A review. *Food Bioscience*, *10*, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>
- Meijaard, E., Brooks, T. M., Carlson, K. M., Slade, E. M., Garcia-Ulloa, J., Gaveau, D. L. A., Lee, J. S. H., Santika, T., Juffe-Bignoli, D., Struebig, M. J., Wich, S. A., Ancrenaz, M., Koh, L. P., Zamira, N., Abrams, J. F., Prins, H. H. T., Sendashonga, C. N., Murdiyarso, D., Furumo, P. R., & Macfarlane, N. (2020). The environmental impacts of palm oil in context. *Nature Plants*, *6*(12), 1418–1426. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00813-w>
- Omayma, E. S., & Youssef, M. M. (2007). Fat Replacers and Their Applications in Food Products: A Review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, *4*(1), 29–44. <https://doi.org/10.21608/ajfs.2007.19631>
- Palm oil chemical refining*. (n.d.). [Www.qiepalm.com](http://www.qiepalm.com). Retrieved June 7, 2023, from <https://www.qiepalm.com/news/palm-oil-chemical-refining.html>
- Paula, A. M., & Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, *121*, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007>
- Psimouli, V., & Oreopoulou, V. (2013). The Effect of Fat Replacers on Batter and Cake Properties. *Journal of Food Science*, *78*(10), C1495–C1502. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12235>
- Quinolizidine alkaloids*. (2023, January 30). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Quinolizidine_alkaloids
- R. Ahmed, A. (2014). Influence of Chemical Properties of Wheat-Lupine Flour Blends on Cake Quality. *American Journal of Food Science and Technology*, *2*(2), 67–75. <https://doi.org/10.12691/ajfst-2-2-4>
- Rodríguez-García, J., Puig, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2012). Optimization of a Sponge Cake Formulation with Inulin as Fat Replacer: Structure, Physicochemical, and Sensory Properties. *Journal of Food Science*, *77*(2), C189–C197. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02546.x>
- Saeidi, Z., Nasehi, B., & Jooyandeh, H. (2018). Optimization of gluten-free cake formulation enriched with pomegranate seed powder and transglutaminase enzyme. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(8), 3110–3118. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3236-5>
- Salehi, F. (2019). Effect of common and new gums on the quality, physical, and textural properties of bakery products: A review. *Journal of Texture Studies*. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12482>
- Shrestha, S., Hag, L. van 't, Haritos, V. S., & Dhital, S. (2021). Lupin proteins: Structure, isolation and application. *Trends in Food Science & Technology*, *116*, 928–939. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.035>
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q., Hu, F. B., & Krauss, R. M. (2010). Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *91*(3), 502–509. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26285>

- Sun, Y., Neelakantan, N., Wu, Y., Lote-Oke, R., Pan, A., & van Dam, R. M. (2015). Palm Oil Consumption Increases LDL Cholesterol Compared with Vegetable Oils Low in Saturated Fat in a Meta-Analysis of Clinical Trials. *The Journal of Nutrition*, 145(7), 1549–1558. <https://doi.org/10.3945/jn.115.210575>
- Texture Analysis And Texture Profile Analysis*. (n.d.). Rheology Lab. <https://www.rheologylab.com/services/texture-analysis/>
- Texture Profile Analysis*. (n.d.). Texturetechnologies.com. <https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis#select-characteristics>
- TURABI, E., SUMNU, G., & SAHIN, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22(2), 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.11.016>
- U.S. Food and Drug Administration. (2018). *Water Activity (aw) in Foods*. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-technical-guides/water-activity-aw-foods>
- Urugo, M. M., Teka, T. A., Teshome, P. G., & Tringo, T. T. (2021). Palm Oil Processing and Controversies over Its Health Effect: Overview of Positive and Negative Consequences. *Journal of Oleo Science*, 70(12), 1693–1706. <https://doi.org/10.5650/jos.ess21160>
- van de Noort, M. (2017). Lupin. *Sustainable Protein Sources*, 165–183. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802778-3.00010-x>
- Vieira, S. A., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2015). Challenges of Utilizing Healthy Fats in Foods. *Advances in Nutrition*, 6(3), 309S–317S. <https://doi.org/10.3945/an.114.006965>
- Villa, C., Costa, J., & Mafra, I. (2020). Lupine allergens: Clinical relevance, molecular characterization, cross-reactivity, and detection strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3886–3915. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12646>
- White lupin (Lupinus albus) seeds* | Feedipedia. (n.d.). www.feedipedia.org. <https://www.feedipedia.org/node/279>
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, 30(1), 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.01.001>
- Yazıcı, D., & Sezer, H. (2017). Insulin Resistance, Obesity and Lipotoxicity. *Obesity and Lipotoxicity*, 277–304. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48382-5_12
- Zhou, W., & Hui, Y. H. (2014). *Bakery Products Science and Technology*. John Wiley & Sons.