



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

*Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών
Επεξεργασίας Τροφίμων*

Πτυχιακή Εργασία

**Επίδραση της αποθήκευσης στα βιοενεργά συστατικά καινοτόμων
προϊόντων πλούσιου ζυμαριού εμπλουτισμένων με αλεύρι κάνναβης**

Thesis

**Effect of storage on bioactive compounds of innovative rich dough baked
products enriched with hemp flour**



Όνομα φοιτήτριας/Name of Student

Χατζημιχαήλ Κυριακή/Chatzimichail Kyriaki

Επιβλέπουσες Καθηγήτριες:

Λάζου Ανδριάννα/Lazou Andriana

Στρατή Ειρήνη/Strati Irini

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2022

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο

**«Επίδραση της αποθήκευσης στα βιοενεργά συστατικά καινοτόμων προϊόντων
πλούσιου ζυμαριού εμπλουτισμένων με αλεύρι κάνναβης»**

που παρουσιάστηκε από την **Χατζημιχαήλ Κυριακή** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

18/7/2022

Λάζου Ανδριάνα

18/7/2022

Στρατή Ειρήνη

18/7/2022

Σινάνογλου Βασιλεία

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Χατζημιχαήλ Κυριακή** του **Αναστασίου**, με αριθμό μητρώου **71616119** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 1/2023 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση των επιβλεπόντων καθηγητριών.

Η Δηλούσα

Χατζημιχαήλ Κυριακή

Η Επιβλέπουσα

Λάζου Ανδριάντα

Η Επιβλέπουσα

Στρατή Ειρήνη

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Χατζημιχαήλ Κυριακή

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής υπό την επίβλεψη της κα. Ανδριάνας Λάζου και της κα. Ειρήνης Στρατή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Λάζου για την αμέριστη στήριξη και καθοδήγηση της σε όλη την πορεία της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Στρατή για την συνολική μας συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε.

Επίσης εκφράζω θερμές ευχαριστίες στην κα. Παναγιώτα-Κυριακή Ρεβέλου, για την επίσκεψη μας στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων της υγρής χρωματογραφίας με φασματομετρία μάζας και για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια της, καθώς και στον κ. Ταραντίλη Πέτρο υπεύθυνο του εργαστηρίου (Εργαστήριο Χημείας του Τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου).

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Βασιλική Κυρανά και τον κ. Βλαδίμηρο Λουγκοβόη για το χρόνο και τη βοήθεια τους στον προσδιορισμό του βαθμού οξειδωσης των λιπιδίων (μέθοδος TBA-value).

Εκφράζω θερμές ευχαριστίες στην κα. Στέλλα Πρωτονοταρίου και κα. Ι. Μαντάλα (Εργαστήριο Μηχανικής και Επεξεργασίας Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών) για τη βοήθεια τους και την παραχώρηση του μύλου άλεσης.

Ευχαριστώ πολύ τις εταιρείες Μύλοι Μάρρα Α.Ε. και την ΚΟΙΝΣΕΠ ΚΑΝΝΑΒΙΟ για την ευγενική χορηγία των πρώτων υλών.

Ακόμα θέλω να ευχαριστήσω τις Χριστίνα Χρηστίδη, Ελένη Καραλιά και Μαρία Δρόσου για την σημαντική συνεισφορά και βοήθεια τους στα πλαίσια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

Στην οικογένεια μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η επίδραση της αποθήκευσης στα βιοενεργά συστατικά καινοτόμων προϊόντων πλούσιου ζυμαριού (τσουρεκιών). Τα προϊόντα αυτά εμπλουτίστηκαν με άλευρο κάνναβης και υποκατέστησαν το άλευρο σίτου σε ποσοστά 0, 10, 30 και 50 %. Η αποθήκευση των προϊόντων πραγματοποιήθηκε για συνολικό διάστημα 14 ημερών στους 25°C. Ο εμπλουτισμός των προϊόντων πλούσιου ζυμαριού με το άλευρο κάνναβης αύξησε την αντιοξειδωτική τους δράση και το ολικό φαινολικό περιεχόμενό τους. Ταυτοποιήθηκαν συνολικά 14 φαινολικές ενώσεις για το άλευρο κάνναβης, όπου οι 5 από αυτές βρέθηκαν και στο άλευρο σίτου. Η περιεχόμενη υγρασία και η ενεργότητα ύδατος των τσουρεκιών μειώθηκαν με την αύξηση του αλεύρου κάνναβης αλλά και κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης τους. Η προσθήκη του αλεύρου κάνναβης επηρέασε τις ιδιότητες των τσουρεκιών, καθώς μειώθηκε ο ειδικός όγκος τους και το ύψος τους, αυξήθηκε η σκληρότητα της ψίχας και η μασητικότητα, μειώθηκε η πυκνότητα και αυξήθηκε το πορώδες. Η σκληρότητα, η συνεκτικότητα και η ελαστικότητα δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά, όμως, ως προς την προσθήκη του αλεύρου κάνναβης μεταξύ του τσουρεκιού με 10% υποκατάσταση και του τσουρεκιού ελέγχου (χωρίς υποκατάσταση με αλεύρι κάνναβης). Επίσης δεν βρέθηκε σημαντική στατιστική διαφορά αυτών και ως προς την οξείδωση των λιπιδίων, η οποία όμως αυξήθηκε με την αύξηση του ποσοστού υποκατάστασης σε 30% και 50% έχοντας αυξομειώσεις στις τιμές της κατά την αποθήκευσή τους. Η προσθήκη του αλεύρου κάνναβης στα προϊόντα τσουρεκιών αύξησε τη θρεπτική τους αξία και με φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν αποκλειστικά στην κάνναβη και κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους, επηρέασε ωστόσο τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των τσουρεκιών.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was the effect the storage on the bioactive compounds of innovative rich dough products (tsoureki). These products were enriched with hemp flour and replaced wheat flour at a rate of 0, 10, 30, and 50 %. The products were stored for a total of 14 days at 25°C. The enrichment of rich dough products with hemp flour increased their antioxidant activity and their total phenolic content. A total of 14 phenolic compounds were identified for hemp flour, of which 5 were also found in wheat flour. The moisture content and water activity of the products decreased with the increase of hemp flour but also during their storage. The addition of hemp flour affected the properties of the rich dough products, as their specific volume and height decreased, the crumb hardened and chewiness increased, the density decreased and the porosity increased. However, the hardness, cohesiveness, and springiness were not statistically significant in terms of the addition of hemp flour between the product with 10% substitution and the control tsoureki (without substitution with hemp flour). Also, no statistically significant difference was found in terms of lipid oxidation, which, however, increased with the increase of the substitution rate to 30% and 50%, having fluctuations in its prices during storage. The addition of hemp flour to rich dough products increased their nutritional value and with phenolic compounds present exclusively in hemp and during storage, however, affected the morphological characteristics of the products.

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-----	
Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright -----	
Ευχαριστίες -----	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ -----	
ABSTRACT -----	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ -----	1
2.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ-----	4
2.1. Η Βιομηχανική Κάνναβη -----	4
2.2. Γλυκά Αρτοσκευάσματα - Τσουρέκι-----	7
2.3. Εμπλουτισμός με άλευρο κάνναβης - Θεραπευτικά Συστατικά-----	7
2.4. Αποθήκευση – Παλαίωση -----	10
2.5. Βιοενεργά Συστατικά-----	12
3.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-----	16
Σκοπός -----	16
Υλικά -----	16
3.1. Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών τσουρεκιού -----	19
3.1.1. Φυσικοχημικές Ιδιότητες-----	19
3.1.2. Δομικές Ιδιότητες -----	20
3.1.3. Μηχανικές Ιδιότητες - Αναλυτής υφής (TPA)-----	21
3.2. Εκτίμηση σταδίου οξείδωσης λιπιδίων-Δοκιμή θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA value) -----	22
3.3. Προσδιορισμός ολικού φαινολικού περιεχομένου (TPC) με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu και προσδιορισμός αναγωγικής ισχύος/αντιοξειδωτικής δράσης με τη μέθοδο FRAP -----	24
3.4. Ταυτοποίηση φαινολικών ενώσεων με υγρή χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας με αναλυτή χρόνου πτήσης (Q-TOF LC-MS)-----	26
3.5. Ανάλυση εικόνας (Image Analysis)-----	28

3.6. Στατιστική Ανάλυση -----	28
4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ -----	29
4.1. Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων -----	29
4.2. Αποτελέσματα δομικών ιδιοτήτων -----	31
4.3. Αποτελέσματα μηχανικών ιδιοτήτων - αναλυτή υφής (TPA) -----	33
4.4. Αποτελέσματα βαθμού οξείδωσης λιπιδίων (TBA-value) -----	35
4.5. Αποτελέσματα ολικού φαινολικού περιεχόμενου (TPC) - αντιοξειδωτικής δράσης (FRAP) -----	36
4.6. Αποτελέσματα υγρής χρωματογραφίας - φασματομετρία μάζας (Q-TOF LC-MS) -----	38
4.7. Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας -----	42
5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ -----	48
6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ -----	50

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια λόγω κλιματικών και οικονομικών αλλαγών παρουσιάζεται μια τάση προς βιώσιμη παραγωγή τροφίμων και ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον (Benvenuto et al., 2016). Παράλληλα οι καταναλωτές ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο για προϊόντα τροφίμων βελτιωμένα σε θρεπτική αξία, που προάγουν την υγεία. Αυτό δημιουργεί νέες προκλήσεις για τη βιομηχανία τροφίμων, η οποία είναι ένας από τους σημαντικότερους κλάδους στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Giménez-Bastida et al., 2015). Οι ανάγκες αυτές έστρεψαν το ενδιαφέρον προς τα λειτουργικά τρόφιμα. Ως λειτουργικά ορίζονται «τα επεξεργασμένα τρόφιμα που περιέχουν συστατικά/υλικά τα οποία, εκτός από τη θρεπτική αξία που παρέχουν, επηρεάζουν θετικά ειδικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού». Αυτά εμπλουτίζονται ή περιέχουν συστατικά προερχόμενα από φυσικά υλικά ή τροποποιημένα με τεχνολογικά ή βιοτεχνολογικά μέσα (Τζιά, 2004). Ο εμπλουτισμός των προϊόντων διατροφής με λειτουργικά πρόσθετα είναι αρκετά δημοφιλής τελευταία και η εφαρμογή τους στην αρτοποιία έχει ως αποτέλεσμα προϊόντα με πολύτιμη θρεπτική αξία. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων (Codex Alimentarius) η έννοια του «εμπλουτισμού» ή «ενίσχυση» ενός τροφίμου είναι η προσθήκη ενός ή περισσότερων θρεπτικών συστατικών, ανεξαρτήτως εάν βρίσκονται στο τρόφιμο αυτό (Rusu et al., 2021). Επομένως ο εμπλουτισμός με νέες πρώτες ύλες προσδίδει σε ένα προϊόν υψηλότερη θρεπτική αξία (Hřivna et al., 2016). Μεταξύ αυτών των προσθέτων είναι και οι σπόροι κάνναβης (*Cannabis Sativa L.*) (Mikulec et al., 2019). Η εκχύλιση του ελαίου από τους σπόρους κάνναβης πραγματοποιείται με τη μέθοδο ψυχρής έκθλιψης ή με οργανικό διαλύτη (Ahmed et al., 2022). Η ελαιόπιτα κάνναβης, η οποία είναι το κύριο παραπροϊόν της παραγωγής ελαίου κάνναβης, είναι συνήθως αλεσμένη και αυτό την καθιστά ως μια ευέλικτη πρώτη ύλη για την βιομηχανία δημητριακών (Tetrycz et al., 2021; Yuan et al., 2022). Η καλλιέργεια κάνναβης έχει την μεγαλύτερη ικανότητα εκβιομηχάνισης διότι μπορούν να αξιοποιηθούν όλα τα μέρη του φυτού και δεν απορρίπτεται τίποτα (Rusu et al., 2021).

Λόγω περιβαλλοντικών ανησυχιών οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες από υλικά φυσικής προέλευσης, όπως η κάνναβη, έχουν ελκύσει την προσοχή διάφορων βιομηχανικών τομέων διότι η καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης, η οποία είναι ιδιαίτερα επιτυχημένη εμπορική καλλιέργεια, έχει την ιδιότητα να δεσμεύει τον άνθρακα, να παράγει περισσότερη βιομάζα και χρησιμοποιείται σε ποικίλα τελικά προϊόντα (Ahmed et al., 2022). Η κάνναβη (*Cannabis sativa L.*) υπήρξε σημαντική πηγή για τρόφιμα, ίνες και φάρμακα για χιλιάδες χρόνια (Callaway, 2004). Η ίνα κάνναβης χρησιμοποιείται ευρέως για τη παραγωγή χαρτιού

και υφασμάτων (Apostol et al., 2015). Εκτός, όμως, από τις παραδοσιακές χρήσεις της σε τρόφιμα, υφαντικές ίνες και φάρμακα έχει και καινοτόμες εφαρμογές σε βιοϋλικά και βιοκαύσιμα, σε παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας και συμπληρωμάτων διατροφής καθώς και σε καλλυντικά προϊόντα (Blasi et al., 2022).

Το ενδιαφέρον στη βιομηχανία τροφίμων για τους σπόρους κάνναβης άρχισε να αναπτύσσεται με την επίγνωση της υψηλής θρεπτικής τους αξίας. Όμως, παρά την σχετική νομοθεσία, παραμένει η σύγχυση του πληθυσμού μεταξύ της «βιομηχανικής κάνναβης» και της κάνναβης ως ναρκωτική ουσία (Rusu et al., 2021). Θα πρέπει να υπάρξει διάκριση μεταξύ αυτών των δύο ποικιλιών. Ο τύπος της ναρκωτικής κάνναβης είναι γνωστός και ως μαριχουάνα και περιέχει Δ⁹-τετραϋδροκανναβινόλη (THC) σε συγκεντρώσεις αρκετά υψηλές, μεταξύ 1 και 20 %. Η βιομηχανική κάνναβη δεν έχει ψυχοδραστικές ιδιότητες λόγω της χαμηλής της συγκέντρωσης σε THC. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση Βιομηχανικής Κάνναβης, το φυτό κάνναβης που προορίζεται για βιομηχανικούς σκοπούς δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 0,2 % THC, σε ξηρό βάρος (Yan et al., 2015). Ένα τόσο μικρό ποσοστό δεν αναμένεται να έχει κάποιο σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία (Callaway, 2004). Επιπροσθέτως, το ψυχοδραστικό κανναβινοειδές THC δεν βρίσκεται μέσα στο σπόρο της κάνναβης αλλά υπάρχει σε υψηλή συγκέντρωση στο μίσχο του φυτού που περιβάλλει τους σπόρους, ο οποίος αφαιρείται κατά την παραλαβή των σπόρων, για την παραγωγή λαδιού κάνναβης και των παραπροϊόντων της. Ο μίσχος δεν θα πρέπει να συγχέεται με το κέλυφος του σπόρου (Ahmed et al., 2022; Callaway, 2002). Το άλλο πιο σημαντικό κανναβινοειδές που βρίσκεται στην κάνναβη είναι η κανναβιδιόλη (CBD), που έπειτα από μελέτες αποδείχτηκε ότι διαθέτει ιδιότητες κατά του άγχους, της ναυτίας, της αρθρίτιδας, είναι αντιφλεγμονώδες καθώς διαθέτει πολλούς άλλους θεραπευτικούς παράγοντες που το καθιστούν ένα πολλά υποσχόμενο κανναβινοειδές (Benvenuto et al., 2016; Thomas & ElSohly, 2016).

Τα προϊόντα αρτοποιίας δεν λείπουν ποτέ από τα γεύματα των καταναλωτών και έτσι η κατανάλωση τους κρίνεται σημαντική για την υγεία των ανθρώπων. Για τον λόγο αυτό πολλοί ερευνητές στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητάς τους και στην απόκτηση υψηλότερης θρεπτικής αξίας αυτών των προϊόντων, διατηρώντας την ευχάριστη γεύση και τη φρεσκότητά τους, εισάγοντας άλλα είδη αλεύρων στην τυποποίηση προκειμένου να δημιουργήσουν ένα νέο προϊόν (Carmen Liliana et al., 2018; Kowalska et al., 2021). Ένα από αυτά είναι και το άλευρο κάνναβης το οποίο δεν περιέχει γλουτένη, όμως περιέχει 20 αμινοξέα απαραίτητα για τον ανθρώπινο οργανισμό, περισσότερες φυτικές ίνες από το αλεύρι σίτου, πολύτιμα λιπαρά οξέα (ω-3 και ω-6), βιταμίνες και μέταλλα (Kowalska et al.,

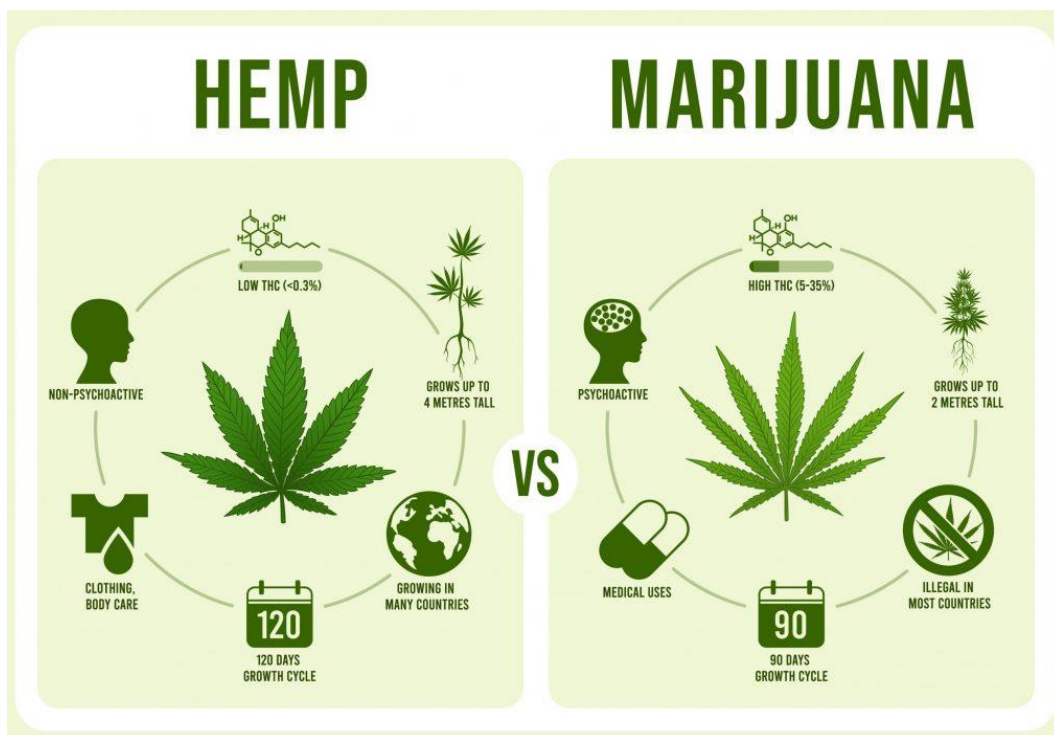
2021). Τα γλυκά αρτοσκευάσματα περιλαμβάνουν συνήθως προϊόντα διογκούμενα με ζύμη, όπως τα κρουασάν, τα κέικ, τα ντόνατς και το τσουρέκι. Το τσουρέκι είναι ένα ελληνικό προϊόν, παράγονται ωστόσο παρόμοια προϊόντα και σε άλλες χώρες και είναι συνδεδεμένο με τις εορτές του Πάσχα (Λάζος & Λάζου, 2016).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της αποθήκευσης σε καινοτόμα προϊόντα πλούσιου ζυμαριού και συγκεκριμένα τσουρεκιών, εμπλουτισμένων με άλευρο κάνναβης σε επιλεγμένες συγκεντρώσεις υποκατάστασης του αλεύρου σίτου με άλευρο κάνναβης (10, 30 και 50 %) και η σύγκριση αυτών με αντίστοιχο εμπορικό (ή/και παραδοσιακό) προϊόν τσουρεκιού. Συγκεκριμένα μελετήθηκε α) η επίδραση της υποκατάστασης με άλευρο κάνναβης στις δομικές, μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των καινοτόμων τσουρεκιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, β) η πορεία της οξείδωσης των λιπιδίων στα προϊόντα αυτά και τέλος γ) προσδιορίστηκε το ολικό φαινολικό περιεχόμενο, η αντιοξειδωτική δράση των προϊόντων και ταυτοποιήθηκαν με την ανάλυση LC-MS QTOF φαινολικές ενώσεις.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1. Η Βιομηχανική Κάνναβη

Η κάνναβη (*Cannabis sativa L.*) ανήκει στην οικογένεια Cannabaceae και στο γένος Cannabis, το οποίο ταξινομείται σε τρία είδη: *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* και *Cannabis ruderalis* και διακρίνεται σε δύο ομάδες: την κάνναβη, η οποία χρησιμοποιείται σε προϊόντα για τις φαρμακευτικές τις ιδιότητες, για τις ίνες καθώς και για τους σπόρους της και τη μαριχουάνα, η οποία έχει μεθυστικές ιδιότητες. Οι διαφορετικές πρακτικές της κάνναβης και της μαριχουάνας (Εικόνα 2.1) επιφέρουν τη διάκριση μεταξύ των δύο καλλιέργειών, λόγω της διαφοράς στη μορφολογία τους (Rehman et al., 2021). Οι ποικιλίες κάνναβης, που έχουν εγκριθεί από τον Κατάλογο νέων τροφίμων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ανήκουν στο είδος «*Cannabis sativa L.*» και έχουν χαμηλή περιεκτικότητα στη ψυχοτρόπο ουσία THC (ΕΙΗΑ, 2020).



Εικόνα 2.1 Διαφορές μεταξύ βιομηχανικής κάνναβης και μαριχουάνας.

(Πηγή: <https://www.naturesdata.co.uk/what-is-the-difference-between-hemp-and-weed/>)

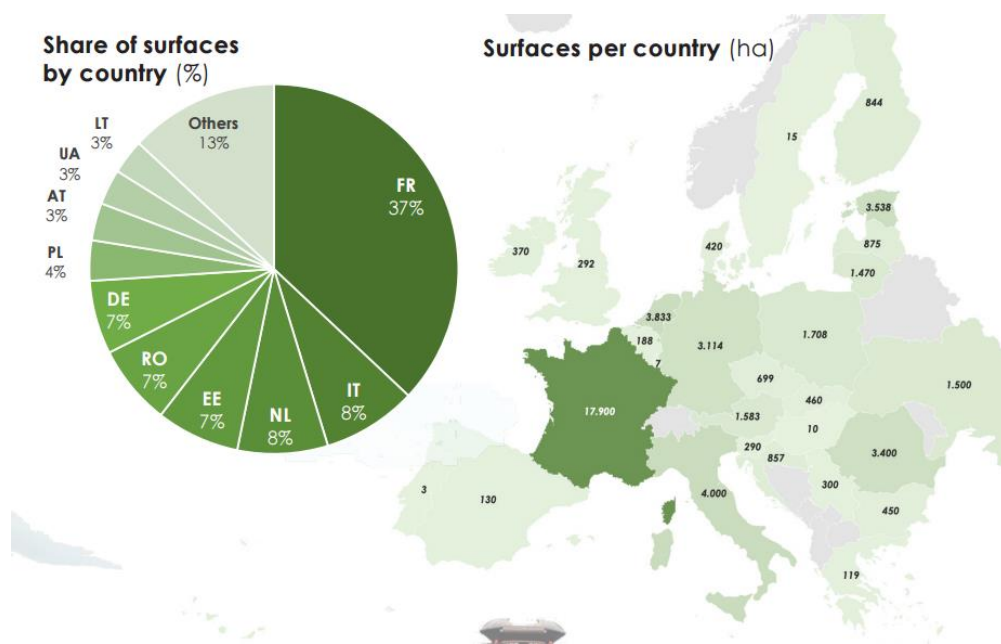
Η κάνναβη ως καλλιέργεια υψηλής βιομάζας έχει την ικανότητα μέσω της φωτοσύνθεσης να δεσμεύει το CO₂ από την ατμόσφαιρα αποθηκεύοντάς το, μέσω βιοδέσμευσης, στο στέλεχος και στις ρίζες του φυτού. Η διείσδυση των ριζών βαθιά στο έδαφος βοηθάει στη σταθεροποίηση του CO₂ σε αυτό, αποκαθιστώντας την υγεία του, και

βοηθάει επίσης να απομακρύνονται αποτελεσματικά οι ρύποι και τα βαρέα μέταλλα όπως το κάδμιο, το νικέλιο και ο μόλυβδος από το έδαφος. Από την κάνναβη μπορούν ακόμη να παραχθούν θερμομονωτικά υλικά δέσμευσης άνθρακα (ΕΙΗΑ, 2020; Shen et al., 2021). Οι ίνες της κάνναβης είναι επίσης γνωστή φυσική πηγή για δομικά υλικά (Rehman et al., 2021). Έχει αναγνωριστεί επίσης ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας λόγω της υψηλής συγκέντρωσης σε ενέργεια και βιομάζα. Η βιομάζα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή βιοαερίου (Shen et al., 2021). Η βιομάζα της κάνναβης είναι πηγή πρωτεϊνών υψηλής ποιότητας και έχει βασικά λιπαρά οξέα (ΕΙΗΑ, 2020).

Η καλλιέργεια της κάνναβης έχει γίνει πολύ ελκυστική για τους αγρότες διότι υπάρχει μικρότερη πιθανότητα αποτυχίας της καλλιέργειας, εγγυάται υψηλές αποδόσεις και ενισχύει τη θρέψη του εδάφους. Επίσης η καλλιέργεια της κάνναβης δεν απαιτεί έντονη εργασία στη διαδικασία της παραγωγής και η περίοδος καλλιέργειας μπορεί να επιτευχθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα 70-90 ημερών (Ahmed et al., 2022). Δεν απαιτούνται φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα διότι σπανίως καταστρέφεται από παράσιτα και ασθένειες (Kandrokov et al., 2021; Shen et al., 2021). Ανεξάρτητα όμως από το αυξημένο ενδιαφέρον για την καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης, η οποία υποστηρίζεται από ευρωπαϊκούς και εθνικούς οργανισμούς, παρουσιάζονται ανησυχίες των καλλιεργητών σχετικά με τη νομιμότητα της καλλιέργειας αυτής και τρέχοντες προβληματισμοί οι οποίοι ξεκινούν από την έλλειψη της γνώσης των καλλιεργητικών τεχνικών και την έλλειψη των εγκαταστάσεων, κυρίως για στους τομείς των ινών και της κλωστοϋφαντουργικής, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η διάδοση της καλλιέργειας της βιομηχανικής κάνναβης (Todde et al., 2022). Στις Δυτικές χώρες πριν παραχθούν νέες πρωτεϊνικές καλλιέργειες θα πρέπει πρώτα να αξιολογηθεί η σκοπιμότητα και η ικανότητα του αγροτικού περιβάλλοντος να παρέχει τις καλλιέργειες αυτές, ώστε να έχουν κατάλληλη απόδοση και ποιότητα (Pihlanto et al., 2017). Στην Κεντρική Ευρώπη σπάνια ανθίζουν ή παράγονται αξιόλογες ποσότητες σπόρων σε γεωγραφικά πλάτη μεγαλύτερα των 60° από τον ισημερινό. Οι περισσότερες ποικιλίες κάνναβης προσαρμόζονται στα εύκρατα ή ισημερινά κλίματα. Η διάρκεια της ημέρας καθορίζει την ανθοφορία της κάνναβης, συνεπώς και την παραγωγή των σπόρων, γι' αυτό το γεωγραφικό πλάτος θα ήταν ιδανικό να φωτίζεται για μεγάλες περιόδους. Οι σπόροι που παράγονται σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη περιέχουν υψηλότερες ποσότητες ακόρεστων λιπαρών οξέων, κυρίως γ-λινολενικό οξύ και στεαριδονικό οξύ, τα οποία είναι βιολογικά σημαντικοί δευτερογενείς μεταβολίτες των βασικών λιπαρών οξέων (Callaway, 2002).

Οι περισσότερες πληροφορίες, με τα πρώτα διαθέσιμα δεδομένα να προέρχονται από την εποχή του Χαλκού, δείχνουν πως η κάνναβη καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην

Κεντρική Ασία και στη συνέχεια βρέθηκε στην Ευρώπη, την Αφρική και τη Νότια Αμερική, όπου χρησιμοποιούσαν τους σπόρους και το λάδι κάνναβης για φαγητό (Rehman et al., 2021; Rusu et al., 2021). Η Κίνα φαίνεται να έχει την μεγαλύτερη διάρκεια σε καλλιέργεια κάνναβης ιστορικά (Rehman et al., 2021). Εδώ και χιλιάδες χρόνια καλλιεργείται η κάνναβη για κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ίνες, παρόλο που η νομοθεσία στην Κίνα εξακολουθεί να εξελίσσεται (Shen et al., 2021). Μέχρι και σήμερα πωλούνται καβουρδισμένοι σπόροι κάνναβης ως σνακ στις αγορές της Κίνας, οι περισσότεροι όμως εξάγονται (μη καβουρδισμένοι) για σπόρους πουλιών (κανναβούρι). Στη Ρωσία το «μαύρο» λάδι, που είναι συμπιεσμένο από σπόρους κάνναβης, χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο για ακριβότερες πηγές διαιτητικού λίπους, λιγότερο υγιεινές, όπως σε βούτυρο και σε υδρογονωμένες μαργαρίνες (Callaway, 2004). Ως υποκατάστατο βουτύρου έχει χρησιμοποιηθεί και στις Ευρωπαϊκές χώρες (Callaway, 2002). Σήμερα καλλιεργείται τόσο στις Ασιατικές χώρες και στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες, στον Καναδά και την Αφρική, με εφαρμογή σε αρκετά πεδία όπως στη γεωργία, σε ζωοτροφές, βιομηχανίες τροφίμων, φαρμακευτικές βιομηχανίες και σε οικοδομικές κατασκευές. Υπάρχουν 70 ποικιλίες κάνναβης (*Cannabis sativa L.*) στη βάση δεδομένων φυτικών ποικιλιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή είναι ο Καναδάς, η Γαλλία, η Ολλανδία, η Λιθουανία και η Ρουμανία (Rusu et al., 2021).



Εικόνα 2.2 Ποσοστό καλλιεργούμενων επιφανειών ανά χώρα.

(Πηγή: <https://eiha.org/wp-content/uploads/2020/10/2018-Hemp-agri-report.pdf>)

2.2. Γλυκά Αρτοσκευάσματα - Τσουρέκι

Τα γλυκά αρτοσκευάσματα περιλαμβάνουν συνήθως προϊόντα διογκούμενα με ζύμη, στα οποία η ζύμη μοιάζει με αυτή του ψωμιού και είναι πλούσια σε ζάχαρη και λίπος. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή αρτοσκευασμάτων είναι αλεύρι, λίπος, αυγά, αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη, ζύμη, αλάτι και διάφορα άλλα συστατικά εμπλουτισμού. Διάσημα γλυκά αρτοσκευάσματα είναι οι λουκουμάδες, τα πανετόνε, τα κρουασάν, τα κέικ, τα ντόνατς και το τσουρέκι. Το τσουρέκι είναι ένα πλούσιο προϊόν ζύμης. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη οριοθέτηση μεταξύ πλούσιας και φτωχής ζύμης, ωστόσο η πλούσια ζύμη χαρακτηρίζεται από υψηλότερο ποσοστό λίπους, ζάχαρης και αυγών στη ζύμη. Οι περισσότερες ζύμες αυτού του τύπου παρασκευάζονται με μια μέθοδο προζύμης και ζυμαριού, επομένως το μεγαλύτερο μέρος της ζύμωσης γίνεται πριν την ανάμειξη με ζάχαρη και λίπος. Η πλούσια ζύμη είναι πολύ μαλακή λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς της σε λιπαρά και αυγά, και για να αντισταθμιστεί αυτό, μειώνεται η ποσότητα των υγρών συστατικών. Το τσουρέκι είναι ένα ελληνικό προϊόν που συνδέεται με τις διακοπές του Πάσχα, όμως και άλλες χώρες παράγουν παρόμοια προϊόντα. Το τσουρέκι μοιάζει πολύ με το μπριός και το πανετόνε, είναι πλούσιο σε ζάχαρη και λιπαρά και χρησιμοποιεί πολλά μπαχαρικά. Ωστόσο, δεν υπάρχει τυποποιημένη διαδικασία παραγωγής, παράγεται εμπειρικά και μπορεί να καταναλωθεί όλο το χρόνο (Λάζος & Λάζου, 2016).

2.3. Εμπλουτισμός με άλευρο κάνναβης - Θρεπτικά Συστατικά

Τα προϊόντα αρτοποιίας ανήκουν στην βάση της διατροφής μας. Τον τελευταίο καιρό τα παραδοσιακά αλεύρια εμπλουτίζονται με συστατικά που είναι ευεργετικά για την υγεία. Ο εμπλουτισμός των τυποποιήσεων με αυτές τις καινούργιες πρώτες ύλες προσδίδει σε ένα προϊόν υψηλότερη θρεπτική αξία. Παρ' όλα αυτά είναι σημαντικό να μην υπάρχει μεγάλη τροποποίηση στη τεχνολογική διαδικασία του ψησίματος και η αισθητηριακή ποιότητα του προϊόντος να είναι παρόμοια ή να βελτιωθεί σε σύγκριση με το αρχικό προϊόν (Hřivna et al., 2016).

Στη βιώσιμη επεξεργασία τροφίμων τα απόβλητα τροφίμων, που είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, διαιτητικές ίνες, αντιοξειδωτικά και χρωστικές, είναι αναγνωρισμένα ως πολύτιμη πηγή βιομάζας και θρεπτικών συστατικών. Υποπροϊόντα από τη βιομηχανική επεξεργασία φρούτων και λαχανικών έχουν χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό προϊόντων αρτοποιίας. Τα «κέικ» (meal ή cake) των ελαιόσπορων που παραμένουν μετά την ψυχρή έκθλιψη είναι αναγνωρισμένα ως πολύτιμη πηγή πρωτεϊνών και με βάση τη σύστασή τους σε λιπαρά οξέα και τις αντιοξειδωτικές τους ικανότητες έχουν χαρακτηριστεί ως πολύτιμα

συμπληρώματα διατροφής με θετικές επιπτώσεις στην υγεία. Ένα από τα πολλά υποσχόμενα «κέικ» σπόρων ψυχρής έκθλιψης (cold-pressed seed cake) είναι αυτό των σπόρων κάνναβης, γνωστό και ως αλεύρι κάνναβης (Pojić et al., 2015).

Πολλές είναι οι έρευνες που έχουν χρησιμοποιήσει τόσο το λάδι και την ελαιόπιτα όσο και το άλευρο κάνναβης, με σκοπό τη δημιουργία καινοτόμων και λειτουργικών τροφίμων. Ο εμπλουτισμός του ψωμιού με άλευρο κάνναβης αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα θέματα ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί. Στη μελέτη που έκαναν οι Mikulec et al. (2019), σε ψωμί που περιείχε αλεύρι κάνναβης σε ποσοστά 15, 30 και 50 % κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η προσθήκη 30 και 50 % αλεύρου κάνναβης μείωσε την οργανοληπτική αποδοχή των άρτων κυρίως ως προς την υφή και το άρωμα. Ακόμα κατά την αποθήκευσή τους η μεγαλύτερη αύξηση στην σκληρότητα και συνεπώς στο μπαγιάτεμα τους, παρατηρήθηκε στο σταρένιο ψωμί και η χαμηλότερη στο ψωμί με περιεκτικότητα 50 % σε άλευρο κάνναβης. Έρευνα που έγινε σε τσουρέκια εμπλουτισμένα με άλευρο κάνναβης σε ποσοστά υποκατάστασης 10, 30 και 50 % του αλεύρου σίτου έδειξε πως η προσθήκη του αλεύρου κάνναβης σε αυτά αύξησε το ολικό φαινολικό περιεχόμενο και την αντιοξειδωτική τους δράση. Επίσης αυξανόμενου του ποσοστού αλεύρου κάνναβης στα προϊόντα αυξήθηκε και η πυκνότητά τους, μειώνοντας έτσι τον όγκο τους. Το χρώμα της ψίχας των τσουρεκιών, αυτών, ήταν πιο σκούρο λόγω του αλεύρου κάνναβης. Κατέληξαν πως είναι εφικτή η παρασκευή τσουρεκιών εμπλουτισμένων με άλευρο κάνναβης σε ποσοστό υποκατάστασης έως 30% που διατηρούσαν υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά (Αναστασιάδης Γ. & Προβατά Τ., 2021; Κολιού, 2021). Ένα ακόμη προϊόν που έχει μελετηθεί ως προς τη χρήση σε αυτό αλεύρου κάνναβης είναι τα cupcakes. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν πως το αλεύρι κάνναβης, το οποίο δεν έχει γλουτένη, έχει χαμηλή υγρασία, υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού και περιέχει βιολογικά ενεργά συστατικά. Η εισαγωγή του αλεύρου κάνναβης στη τυποποίηση για τα cupcakes αύξησε την ποσότητα των πρωτεϊνών, μείωσε σημαντικά το δείκτη που χαρακτηρίζει τα λίπη και τους υδατάνθρακες, ενώ μειώθηκε και η ενεργειακή αξία του τελικού προϊόντος (Timoshenkova et al., 2020).

Το πιο ενδιαφέρον μέρος του σπόρου κάνναβης είναι το έλαιο, όμως μετά τη ψυχρή έκθλιψη το δεύτερο πιο ενδιαφέρον είναι η ελαιόπιτα κάνναβης (hemp cake) η οποία είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και διαιτητικές ίνες. Σήμερα η αλεσμένη ελαιόπιτα κάνναβης προσφέρεται στο εμπόριο με διάφορες μορφές, όπως σκόνες πρωτεΐνης, αλεύρια, αναψυκτικά και σνακ. Το άλευρο κάνναβης του εμπορίου περιέχει 12,5 % έλαιο (Pihlanto et al., 2017). Όταν το έλαιο είναι φρέσκο έχει πράσινο χρώμα λόγω της χλωροφύλλης που

βρίσκεται στους ώριμους σπόρους (Apostol et al., 2015). Η παρουσία της χλωροφύλλης, καθώς και άλλων χρωστικών, μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στη σταθερότητα του ελαίου και των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του, λόγω της ευαισθησίας του στη φωτοοξειδωση (Blasi et al., 2022).

Το έλαιο από τους σπόρους κάνναβης περιέχει υψηλό ποσοστό πολυακόρεστων και μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (90%) και περιορισμένο κορεσμένων λιπαρών οξέων (10%). Η αναλογία των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων ω-3 (λινελαϊκό οξύ) και ω-6 (λινολενικό οξύ) στο λάδι από τους σπόρους κάνναβης είναι ιδανική, καθώς δεν μπορεί να τα παράγει το ανθρώπινο σώμα, θεωρούνται απαραίτητα για την διατροφή και πρέπει να καταναλώνονται καθημερινά. Επίσης συνιστάται για χρήση από άτομα που πάσχουν από καρδιαγγειακά νοσήματα και διαταραχές του νευρικού συστήματος, καθώς έχουν συνδεθεί με τη μείωση καρδιαγγειακών παθήσεων, νευρολογικών διαταραχών αλλά και κατά της φλεγμονής και του καρκίνου (Apostol et al., 2015; Calzolari et al., 2021; Kandrov et al., 2021).

Η πρωτεΐνη στους σπόρους κάνναβης θεωρείται «πλήρης». Είναι εξαιρετικά εύπεπτη, κυμαίνεται από 84-86 % για ολόκληρους τους σπόρους και έως 83-92 % για το άλευρο (Teterycz et al., 2021). Σε αναλογία, αποτελείται από κατά 1/3 από αλβουμίνη (ή λευκωματίνη), απαραίτητη πρωτεΐνη η οποία βρίσκεται στο ασπράδι αυγού και στο ανθρώπινο αίμα και από 2/3 εδεστίνη, η οποία είναι εξίσου απαραίτητη με παρόμοιο χαρακτήρα (Callaway, 2002; Rusu et al., 2021). Η πρωτεΐνη κάνναβης περιέχει και τα εννέα απαραίτητα αμινοξέα σε ευνοϊκή αναλογία (Hrušková et al., 2013). Αποτελεί όμως και πηγή μη-απαραίτητων αμινοξέων όπως η αλανίνη, αργινίνη, ασπαραγίνη, κυστεΐνη, γλυκίνη, σερίνη, προλίνη και τυροσίνη (Vasukova et al., 2021).

Το ποσοστό των ολικών υδατανθράκων που περιέχουν οι σπόροι κάνναβης είναι 20-30 %, με το μεγαλύτερο μέρος αυτών να είναι φυτικές ίνες, κυρίως αδιάλυτες. Αυτές οι ίνες έχουν πολλά οφέλη για το ανθρώπινο σώμα διότι βελτιώνουν την ευαισθησία στην ινσουλίνη βελτιώνοντας την εντερική διέλευση, έχουν αντιφλεγμονώδη δράση στο παχύ έντερο, μειώνοντας την όρεξη άρα και τον κίνδυνο για παχυσαρκία και διαβήτη. Επίσης θεωρούνται προβιοτικό και μειώνουν την ολική χοληστερόλη στο αίμα. Υπάρχουν ωστόσο και συγγραφείς που έχουν παρατηρήσει πως οι ολικές ίνες στους σπόρους της κάνναβης μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την πεπτικότητα των πρωτεϊνών (Rusu, Marc, Mureșan, Mureșan, Filip, et al., 2021; Rusu, Marc, Mureșan, Mureșan, Mureșan, et al., 2021).

Οι σπόροι κάνναβης καθώς και η ελαιόπιτα κάνναβης περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιταμινών και μετάλλων (Pihlanto et al., 2017). Τα μακροστοιχεία που

βρίσκονται στους σπόρους κάνναβης είναι ο φωσφόρος (P), το κάλιο (K), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na) και το ασβέστιο (Ca) και η πλειοψηφία των ιχνοστοιχείων είναι ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn), ο ψευδάργυρος (Zn) και ο χαλκός (Cu) (Rusu et al., 2021). Η σύνθεση του αλεύρου κάνναβης εξαρτάται από την ποικιλία, την καλλιέργεια και την τοποθεσία φύτευσης (Hrušková & Švec, 2015; Rusu et al., 2021). Ο σπόρος περιέχει β-καροτίνη και βιταμίνες B1 και E (Hrušková & Švec, 2015). Η τυπική συνολική περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες εκφράζεται ως βιταμίνη E. Προηγούμενη έρευνα απέδειξε πως η γ-τοκοφερόλη είναι η κυρίαρχη στους σπόρους κάνναβης και σε χαμηλότερη περιεκτικότητα βρέθηκαν η α-τοκοφερόλη και δ-τοκοφερόλη (Pihlanto et al., 2017). Οι τοκοφερόλες είναι ευάλωτες σε διεργασίες οξειδωσης, η έκθεσή τους στο φως και σε πηγές θερμότητας κατά την επεξεργασία και την αποθήκευση του ελαίου επιφέρει απώλειες στις αντιοξειδωτικές ιδιότητές του. Ακόμα χάρη στην ικανότητά τους να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες είναι χρήσιμες για την πρόληψη του Αλτσχάιμερ και των καρδιαγγειακών ασθενειών (Blasi et al., 2022).

2.4. Αποθήκευση – Παλαίωση

Σήμερα η παραγωγή των αρτοσκευασμάτων έχει εξελιχθεί σε μια σύγχρονη βιομηχανοποίηση μεγάλης κλίμακας και η ανάπτυξη αυτή οφείλεται στη ζήτηση των καταναλωτών για φρέσκα και θρεπτικά αρτοσκευάσματα υψηλής ποιότητας, με εύχρηστη συσκευασία και σταθερότητα κατά την αποθήκευση. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία προϊόντων αρτοποιίας και μια ταξινόμηση αυτών μπορεί να βασιστεί στον τύπο του προϊόντος, όπως προϊόντα χωρίς ζάχαρη, γλυκά αρτοσκευάσματα και προϊόντα με γέμιση. Από τεχνολογική άποψη τα αρτοσκευάσματα μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το pH, την περιεχόμενη υγρασία τους και την ενεργότητα ύδατος (aw). Ο όρος αλλοίωση αναφέρεται σε οποιαδήποτε αλλαγή στην κατάσταση του τροφίμου που το κάνει λιγότερο εύγεστο τη στιγμή της κατανάλωσης. Αυτή επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αποθήκευσης, τη σχετική υγρασία, το pH, τη ποσότητα των συντηρητικών και την ατμόσφαιρα που περιβάλλει το προϊόν, κυρίως όμως επηρεάζεται από την περιεκτικότητα του τροφίμου σε υγρασία και από την ενεργότητα ύδατος (aw) (Smith et al., 2004). Κύριες αιτίες του μπαγιατέματος είναι η μετανάστευση υγρασίας, η μεταβολή στη δομή του αμύλου και η επανатаκτοποίηση (retrogradation) του αμύλου (Λάζος & Λάζου, 2016). Όπως τα περισσότερα επεξεργασμένα τρόφιμα, έτσι και τα προϊόντα αρτοποιίας υπόκεινται σε φυσικές αλλοιώσεις (απώλεια υγρασίας, μπαγιατέμα), σε χημικές αλλοιώσεις (τάγγιση) και σε μικροβιολογικές αλλοιώσεις (μούχλα, βακτηριακή ανάπτυξη) (Smith et al., 2004).

- Φυσικές αλλοιώσεις

Η ρόφηση και η εκρόφηση υγρασίας οδηγεί σε αλλαγές στην υφή του προϊόντος και μπορεί να επηρεάσει τη χημική και μικροβιακή αλλοίωση των τροφίμων. Για να αποφευχθεί αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί συσκευασία με υλικά κατάλληλης διαπερατότητας σε υγρασία και αέρια. Κύριο πρόβλημα φυσικής αλλοίωσης, όμως, είναι το μπαγιάτεμα, το οποίο ορίζεται ως «σχεδόν οποιαδήποτε αλλαγή, μικρής μικροβιακής αλλοίωσης, που εμφανίζουν τα προϊόντα αρτοποιίας, κατά την περίοδο μετά το ψήσιμο, καθιστώντας το λιγότερο αποδεκτό από τον καταναλωτή». Η μεταφορά της υγρασίας, από τη ψίχα στην κόρα, γίνεται λόγω της διαφοράς της πίεσης ατμών μεταξύ της ψίχας και της κόρας, έτσι με την πάροδο του χρόνου η υγρασία στο κέντρο του καρβελιού μειώνεται ενώ αυξάνεται στην εξωτερική περιοχή. Επίσης, για το μπαγιάτεμα ευθύνεται και ο ρυθμός κρυστάλλωσης των συστατικών του αμύλου, ειδικά της αμυλοπηκτίνης (Gray & Bemiller, 2003; Smith et al., 2004).

- Χημικές αλλοιώσεις

Τα προϊόντα αρτοποιίας, κυρίως εκείνα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, υπόκεινται σε χημικές αλλοιώσεις και τάγγιση. Η τάγγιση χαρακτηρίζεται από την αποικοδόμηση των λιπιδίων με αποτέλεσμα την αναστροφή της οσμής και της γεύσης, που καθιστούν τα προϊόντα δυσάρεστα και μειώνουν τη διάρκεια ζωής τους. Η οξειδωτική τάγγιση έχει ως αποτέλεσμα το οξυγόνο να διασπά τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, μέσω αυτολυτικού μηχανισμού ελεύθερων ριζών με συνέπεια να σχηματίζονται δύσοσμες αλδεΐδες, κετόνες και μικρής αλυσίδας λιπαρά οξέα. Οι ελεύθερες ρίζες και τα υπεροξειδία που σχηματίζονται στη διάρκεια της οξείδωσης των λιπιδίων, μπορεί να φέρουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των τροφίμων, να καταστρέψουν ορισμένες βιταμίνες και να προκαλέσουν αποικοδόμηση των πρωτεϊνών.

- Μικροβιακές αλλοιώσεις

Οι μικροβιακές αλλοιώσεις είναι εκείνες που επηρεάζουν πιο συχνά τη διάρκεια ζωής των προϊόντων αρτοποιίας, με υψηλή και μέτρια υγρασία. Σημαντικότερος παράγοντας για τη μικροβιολογική αλλοίωση είναι η ενεργότητα ύδατος (a_w) των προϊόντων. Στα προϊόντα ενδιάμεσης υγρασίας η αλλοίωση προκαλείται από οσμόφιλες ζύμες και μούχλες. Το πρόβλημα της μούχλας, το οποίο επηρεάζει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, είναι πιο έντονο τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω των

θερμότερων και πιο υγρών συνθηκών αποθήκευσης. Σημαντικό είναι, επίσης, τα προϊόντα να έχουν ψυχθεί πλήρως πριν τη συσκευασία τους ώστε να αποφευχθεί η συμπύκνωση της υγρασίας στο εσωτερικό της συσκευασίας και της επιφάνειας του προϊόντος, καθώς αυτό ευνοεί την ανάπτυξη της μούχλας (Smith et al., 2004).

Πολλές εφαρμογές για τη συσκευασία ειδών αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής βρίσκουν οι μεμβράνες από το προσανατολισμένο σε μια κατεύθυνση και από το προσανατολισμένο σε δύο κατευθύνσεις πολυπροπυλένιο (PP). Κατά την αποθήκευση, τα συσκευασμένα, φρέσκα προϊόντα αρτοποιίας θεωρούνται ευαλλοιώτα τρόφιμα και υποβαθμίζονται ποιοτικά, λόγω μπαγιατέματος, ανάπτυξης μικροοργανισμών, απώλεια υγρασίας (που τα καθιστά σκληρά) και λόγω της οξειδωτικής τάγγισης. Κρίσιμοι παράμετροι του περιβάλλοντος είναι η υγρασία, η θερμοκρασία και το οξυγόνο και έχουν μέσο όρο διάρκειας ζωής από 2 (ψωμί) έως 7 (κέικ) ημέρες (Παπαδάκης, 2018).

2.5. Βιοενεργά Συστατικά

Ο εμπλουτισμός του αλεύρου σίτου με φυτοχημικά συστατικά είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για τη βελτίωση της δημόσιας υγείας με την τόσο διαδεδομένη κατανάλωση των αρτοσκευασμάτων. Τα φυτοχημικά έχουν θρεπτικές λειτουργίες και φαρμακευτικά οφέλη που βοηθούν στη εξάλειψη πολλών ασθενειών. Ο εμπλουτισμός νέων προϊόντων αρτοποιίας με βιοδραστικές ενώσεις που προάγουν την υγεία προσφέρει πολλές ευκαιρίες για εναλλακτικές στρατηγικές στην παραγωγή, την προμήθεια και την κατανάλωση τροφίμων (Gao et al., 2022). Τα φυτοχημικά συστατικά του σίτου περιλαμβάνουν φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, καροτενοειδή και βιταμίνη E. Το φερουλικό οξύ, ένα ισχυρό φυσικό αντιοξειδωτικό, είναι το πιο άφθονο απλό φαινολικό οξύ στο σιτάρι (Tian et al., 2021). Η κάνναβη είναι μια πλούσια πηγή με πολλά σημαντικά φυτοχημικά, όπου μερικές από τις 483 ενώσεις που έχουν προσδιοριστεί, σε αυτή, υπάρχουν αποκλειστικά στη κάνναβη. Οι συγκεντρώσεις των ενώσεων αυτών εξαρτώνται από τον τύπο ιστού, την ηλικία, την ποικιλία, τις συνθήκες ανάπτυξης, τον χρόνο συγκομιδής και τις συνθήκες αποθήκευσης (Pihlanto et al., 2017). Αρκετές χημικές ενώσεις παράγονται στην κάνναβη μέσω του δευτερογενούς μεταβολισμού και περιλαμβάνουν κανναβινοειδή, τερπένια και φαινολικές ενώσεις (Benvenuto et al., 2016).

Τα κανναβινοειδή είναι τερπενοφαινολικές ενώσεις οι οποίες βρίσκονται μόνο στο φυτό της κάνναβης (Pihlanto et al., 2017). Τα πιο γνωστά κανναβινοειδή είναι η THC (Δ^9 -τετραϋδροκανναβινόλη), η οποία βρίσκεται σε πολύ μικρά ποσοστά στη βιομηχανική

κάνναβη και η CBD (κανναβιδιόλη), η οποία είναι μη ψυχοδραστικό κανναβινοειδές με θετική επίδραση στην υγεία (Par et al., 2020). Άλλα σημαντικά κανναβινοειδή είναι το κανναβιδιολικό οξύ (CBDA), η κανναβιγερόλη (CBG), η κανναβιχρωμίνη (CBC), η κανναβινόλη (CBN) και η κανναβικυκλόλη (CBL), τα οποία περιέχουν χαμηλή ή καθόλου ψυχοτρόπο δράση (Fathordoobady et al., 2019).

Η μεγαλύτερη ομάδα φυτοχημικών είναι τα τερπένια, εκ των οποίων περισσότερα από 100 μόρια έχουν εντοπιστεί στην κάνναβη. Αυτά ευθύνονται για την οσμή και τη γεύση των διάφορων στελεχών της κάνναβης. Τα μονοτερπένια και σεσκιτερπένια είναι τα κύρια συστατικά στο αιθέριο έλαιο της κάνναβης, το οποίο χρησιμοποιείται ως αρωματικός παράγοντας σε καλλυντικά και στη βιομηχανία τροφίμων (Benvenuto et al., 2016; Isidore et al., 2021). Είναι λιπόφιλες ενώσεις και διαπερνούν εύκολα τις κυτταρικές μεμβράνες και ειδικότερα τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό (Benvenuto et al., 2016). Χάρη στα λιπόφιλα χαρακτηριστικά τους δρουν ως αντικαρκινικά, αγχολυτικά, αντιφλεγμονώδη, αναλγητικά, βελτιωτικά μνήμης και βελτιώνουν την γαστροπροστατευτική δραστηριότητα (Drinić et al., 2021).

TERPENES IN HEMP FLOWER OIL



THERE ARE MORE THAN 100 TERPENES IN JUST ONE CANNABIS FLOWER. HERE ARE SOME OF THE MOST WELL KNOWN TERPENES RIGHT NOW, MOST OF WHICH YOU'LL FIND IN LEGAL CANNABIS PRODUCTS IN YOUR AREA.

 Bisabolol <i>floral</i> Properties antimicrobial anti-inflammatory anti-irritant	 Borneol <i>mint</i> Properties antibacterial antispasmodic anti-inflammatory	 Camphene <i>fir needles, musky earth</i> Properties antifungal antioxidant skin lesion	 Δ¹-Carene <i>pine, rosemary</i> Properties antifungal anti-inflammatory bone stimulant	 β-Caryophyllene <i>spicy</i> Properties antibacterial anti-inflammatory	 Citronellol <i>sweet lemon</i> Properties antibacterial antidepressant antiseptic	 p-Cymene <i>citrus, lemon, woody</i> Properties antioxidant anti-inflammatory analgesic	 Eucalyptol <i>mint</i> Properties antibacterial antifungal anti-inflammatory
 Geraniol <i>peach, rose grass</i> Properties antispasmodic antioxidant neuroprotectant	 Guaiaol <i>pinny</i> Properties analgesic antimicrobial anti-inflammatory	 Humulene <i>acridly</i> Properties antibacterial antifungal anti-inflammatory	 Isopulegol <i>aromatic</i> Properties antiviral anti-inflammatory gastroprotective	 Limonene <i>citrus, citrus</i> Properties anticancer anti-anxiety digestion, gallstones	 Linalool <i>floral</i> Properties antiepileptic anti-anxiety	 Linalyl Acetate <i>fruity</i> Properties antispasmodic anti-inflammatory immunomodulatory	 Myrcene <i>citrus, cloves</i> Properties anti-cancer anti-inflammatory sedating
 Ocimene <i>herbaceous, sweet</i> Properties antifungal antioxidant anti-inflammatory	 α-Pinene <i>pine</i> Properties antidepressant antimicrobial anti-inflammatory	 β-Pinene <i>pine, woody</i> Properties antispasmodic antiviral Bronchodilator	 Phytol <i>balsamic, floral</i> Properties anti-insomnia anti-inflammatory immunosuppressant	 Terpineol <i>floral</i> Properties anticancer anticonvulsant antioxidant	 Terpinolene <i>smoky, woody</i> Properties antibacterial antifungal anti-insomnia	 trans-Nerolidol <i>citrus, rose</i> Properties anticancer antimicrobial antiparasitic	 Valencene <i>sweet citrus</i> Properties anti-allergic anti-inflammatory

Εικόνα 2.3 Τερπένια που βρίσκονται στο έλαιο κάνναβης

(Πηγή: <https://www.kannabio.gr/menu/155/kannabinoeidi-terpenia.html?language=en>)

Οι φαινολικές ενώσεις είναι από τις πιο διαδεδομένες ομάδες δευτερογενών μεταβολιτών στα φυτά (Benvenuto et al., 2016). Δρουν κυρίως ως αμυντικός μηχανισμός του φυτού ενάντια στα παράσιτα και τις τοξικές ενώσεις. Για τον άνθρωπο οι πολυφαινόλες επιδρούν θετικά στην υγεία διότι βοηθούν στη ρύθμιση πολλών ενζύμων και στο σύστημα του κυτοχρώματος P450, που εμφανίζει καρδιοπροστατευτική δράση (Izzo et al., 2020; Rocchetti et al., 2018). Οι φαινολικές ενώσεις της κάνναβης διαθέτουν αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές και νευροπροστατευτικές ιδιότητες. Περιλαμβάνουν διάφορες τάξεις:

- τα φαινολικά οξέα, όπως τα υδροξυκιναμωμικά, το βενζοϊκό, καφεϊκό, φερουλικό και π-κουμαρικό
- φαινολικά αμίδια, όπως η N-trans-καφεοϋλτυραμίνη
- τα φλαβονοειδή (φλανονόλη, ρουτίνη, κερκετίνη-3-γλυκοσίδη, καμπφερόλη, κερσετίνη), όπως φλαβονόλες (κατεχίνη, επικατεχίνη), φλαβόνες (κανφλαβίνη A και B, απιγενίνη, λουτεολίνη-7-O-γλυκοσίδη) και φλαβανόνες (ναρινγενίνη)
- τις λιγνάνες και λιγναναμίδια, όπως η κανναβισίνη A, B, C και γροσαμίδα
- τις τανίνες, τα στιλβένια και τις αλκυλορεσορκινόλες (Benvenuto et al., 2016; Drinić et al., 2021; Rocchetti et al., 2018).

Το πολυφαινολικό προφίλ της κάνναβης μεταβάλλεται μεταξύ των διαφορετικών μερών του φυτού. Στα άνθη, τα οποία αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό αναπαραγωγικό όργανο του φυτού, αναμένονται υψηλά ποσοστά έγχρωμων πολυφαινολών (Izzo et al., 2020). Επίσης οι διεργασίες που γίνονται κατά την διαδικασία παρασκευής του αρτοσκευάσματος, όπως η ανάμειξη ζύμης, η διόγκωση και το ψήσιμο, μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές της περιεκτικότητας σε φαινολικό περιεχόμενο και στην αντιοξειδωτική δράση των τελικών προϊόντων (Tian et al., 2021).

Από τις κύριες αιτίες αποχρωματισμού και αλλοίωσης των τροφίμων, κατά την επεξεργασία και αποθήκευση, είναι η οξειδωση των λιπιδίων (Pihlanto et al., 2017). Το έλαιο κάνναβης αρχίζει να οξειδώνεται σε θερμοκρασίες 130-140°C και η μέγιστη θερμοκρασία οξειδωσής του είναι στους 150-155°C. Οι τιμές αυτές παρατηρούνται και στο εύρος οξειδωσης άλλων φυτικών ελαίων (Leonard et al., 2020). Το έλαιο από τους σπόρους κάνναβης είναι εξαιρετικά σταθερό στην οξειδωση, ίσως λόγω της παρουσίας φαινολικών ενώσεων που δρουν ως αντιοξειδωτικά κατά την ψυχρή έκθλιψή του (Smeriglio et al., 2016). Οι φαινολικές ενώσεις είναι σημαντικές για τη σταθερότητα, την αποδοχή και τη θρεπτική αξία του προϊόντος και αποτρέπουν τη αλλοίωση των προϊόντων, καθυστερώντας τις

αντιδράσεις των ριζών που είναι υπεύθυνες για την οξείδωση των λιπιδίων (Babiker et al., 2021).

Η πολυπλοκότητα των χημικών ενώσεων στην κάνναβη (*Cannabis sativa* L.) καθιστά δύσκολη την ανάκτηση των βιοδραστικών ενώσεων. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να κατανοηθεί η αποτελεσματική και κατάλληλη εκχύλιση, ο διαχωρισμός, ο καθαρισμός και η ταυτοποίηση των βιοδραστικών ενώσεων της *Cannabis sativa*, για την παραγωγή της σε μεγάλη βιομηχανική κλίμακα (Liu et al., 2022). Η πολυπλοκότητα αυτή οφείλεται στην ποικιλομορφία και την ποικιλία των ενώσεων που υπάρχουν σε αυτή και επίσης στην διαφορά τόσο της πολικότητας όσο και του μεγέθους τους. Η υγρή χρωματογραφία σε συνδυασμό με φασματομετρία μάζας (LC-MS) είναι η καλύτερη τεχνική για τον προσδιορισμό των φαινολικών ενώσεων (Rocchetti et al., 2018). Η υγρή χρωματογραφία έχει το πλεονέκτημα του χαμηλού κινδύνου θερμικής αποσύνθεσης του δείγματος στη θύρα του εγχυτήρα. Ο αναλυτής χρόνου πτήσης (Time-of-Flight, TOF) αντιπροσωπεύει έναν προηγμένο αναλυτή για LC-MS καθώς παρέχει καλύτερες πληροφορίες για χημικά συστατικά, έχοντας υψηλή ευαισθησία, ανάλυση, ακρίβεια μάζας και ικανότητα ανάλυσης ιχνοποσοτήτων σε επίπεδα ppm. Η υγρή χρωματογραφία με φασματομετρία μάζας με αναλυτή χρόνου πτήσης (LC-MS QTOF) χρησιμοποιείται ευρέως για ταυτοποίηση και επιβεβαίωση πολλών χημικών συστατικών, καθώς έχει υψηλότερη ευαισθησία ανίχνευσης, ακρίβεια μάζας και ανάλυσης και επομένως καλύτερη ικανότητα διάκρισης ιόντων θραυσμάτων και ισομερών (Suppajariyawat & Gonzalez-Rodriguez, 2021).

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της αποθήκευσης σε καινοτόμα προϊόντα πλούσιου ζυμαριού και συγκεκριμένα τσουρεκιών, εμπλουτισμένων με άλευρο κάνναβης σε επιλεγμένες συγκεντρώσεις υποκατάστασης του αλεύρου σίτου (10, 30 και 50 %) και η σύγκριση αυτών με αντίστοιχο εμπορικό (ή/και παραδοσιακό) προϊόν τσουρεκιού (τσουρέκι ελέγχου). Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση της αποθήκευσης στα βιοενεργά συστατικά, στο ολικό φαινολικό περιεχόμενο και στην αντιοξειδωτική δράση των προϊόντων καθώς και στις δομικές, μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες τους. Επιπλέον, μελετήθηκε η οξειδωτική τάγγιση των προϊόντων και έγινε ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων που περιέχονται σε αυτά.

Υλικά

Για την παρασκευή των τσουρεκιών χορηγήθηκαν τα ακόλουθα υλικά:

- Άλευρο σίτου, χορηγία της Marra Bros Mills S.A. (Κόρινθος, Ελλάδα), κατάλληλο για παρασκευή τσουρεκιού.

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά αλεύρου σίτου

Υγρασία (g/100g)	14,7
Πρωτεΐνη (g/100g)	20,2
Λιπαρά (g/100g)	1,0
Υδατάνθρακες (g/100g)	62,3
Σάκχαρα (g/100g)	0,5
Διαιτητικές ίνες (g/100g)	2,4

- Pellets υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης, χορηγία της Kannabio SA (Βόλος, Ελλάδα).

Πίνακας 3.2 Χαρακτηριστικά ελαιόπιτας βιομηχανικής κάνναβης

Υγρασία (g/100g)	4,2
Πρωτεΐνη (g/100g)	22,4
Λιπαρά (g/100g)	4,7
Υδατάνθρακες (g/100g)	55,5
Σάκχαρα (g/100g)	2,8

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν:

- Φρέσκια μαγιά
- Κρυσταλλική ζάχαρη (ΑΒ Αττική, Ελλάδα)
- Βούτυρο γάλακτος «Lurpak»
- Φρέσκο αγελαδινό γάλα «Δέλτα»
- Μαχλέπι «Ανατολή»
- Μαστίχα
- Βανίλια (ΑΒ Αττική, Ελλάδα)
- Αυγά
- Αλάτι
- Νερό

Προετοιμασία αλεύρου κάνναβης

Η ελαιόπιτα κάνναβης αλευροποιήθηκε σε μύλο ΙΚΑ Μ20 και το προϊόν αυτό αλέστηκε περαιτέρω σε μύλο jet (Jet-O-Mizer). Έπειτα το τελικό άλευρο κάνναβης αποθηκεύτηκε κλεισμένο αεροστεγώς στους 5°C.

Παρασκευή τσουρεκιών

Για την παρασκευή των τσουρεκιών προετοιμάστηκε καταλλήλως το αλεύρι κάνναβης-σίτου, ανάλογα με το επιθυμητό ποσοστό υποκατάστασης του αλεύρου σίτου (Πίνακας 3.3). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν 500 g άλευρο σε κάθε παρασκευή, τα οποία λήφθηκαν μετά το ζύγισμα, ανάμιξη και κοσκίνισμα των αλεύρων.

Πίνακας 3.3: Αναλογία αναμίξεως αλεύρων

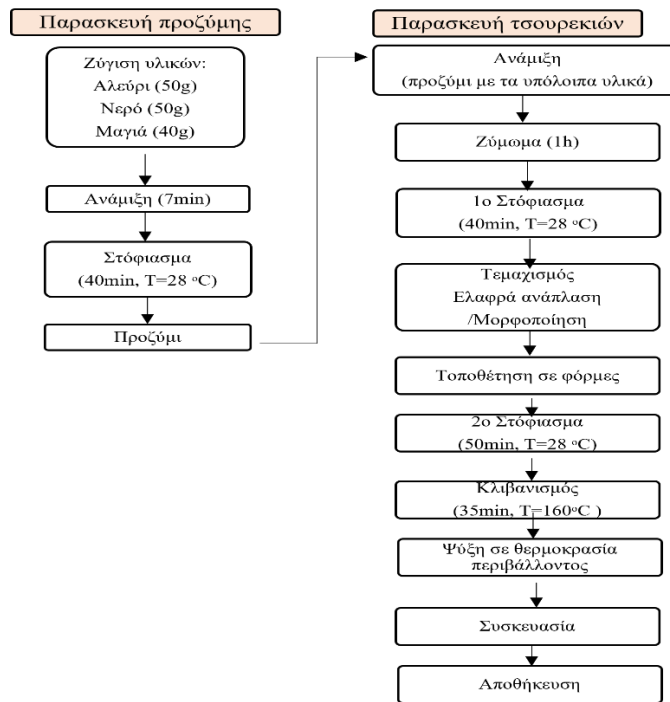
Αναλογία υποκατάστασης	Άλευρο Σίτου (g)	Άλευρο κάνναβης (g)
10 %	450	50
30 %	350	150
50 %	250	250

Στη συνέχεια προετοιμάστηκαν καταλλήλως και τα υπόλοιπα υλικά με βάση την ακόλουθη τυποποίηση:

Πίνακας 3.4: Τυποποίηση τσουρεκιών

Υλικά	Ποσότητες (g)
Άλευρο	500
Ζάχαρη	175
Αυγά	168
Βούτυρο	125
Γάλα	50
Νερό	100
Νωπή μαγιά	50
Αλάτι	2,5
Βανίλια	1
Μαστίχα	1,5
Μαχλέπι	15

Η διαδικασία παραγωγής του παραδοσιακού τσουρεκιού περιλαμβάνει δύο κύρια στάδια, την παρασκευή της προζύμης και τη διαδικασία παρασκευής του τσουρεκιού. Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται το διάγραμμα ροής της πειραματικής διαδικασίας για την παρασκευή των τσουρεκιών. Αρχικά, για την παρασκευή της προζύμης, προστίθενται στον αναμικτήρα 50 g αλευριού (μίγμα αλεύρι σίτου & αλεύρι κάνναβης), 40 g νωπή μαγιά και 50 g νερό και αναμιγνύονται για 7 min. Έπειτα από 40 min παραμονής της προζύμης στη στόφα στους 28°C, προστίθενται σταδιακά και τα υπόλοιπα υλικά στη προζύμη, 450 g αλεύρι, 175 g ζάχαρη, 125 g βούτυρο, 168 g αυγά, 50 g γάλα, 10 g νωπή μαγιά, 2,5 g αλάτι, 15 g μαχλέπι, 1,5 g μαστίχα και 1 g βανίλια όπου αναμιγνύονται και ζυμώνονται για 1 h. Μετά την ανάμιξη η ζύμη τοποθετείται στη στόφα για το πρώτο στόφιασμα για 40 min στους 28°C. Στη συνέχεια αναπλάθεται ελαφρώς, χωρίζεται σε δύο μέρη και μορφοποιείται με τα χέρια καταλλήλως για να λάβει ένα κυλινδρικό σχήμα ώστε να τοποθετηθεί σε ειδικές στενόμακρες φόρμες, οι οποίες έχουν προηγουμένως περαστεί με βούτυρο και αλεύρι. Οι φόρμες αυτές τοποθετούνται, στη συνέχεια, στη στόφα για το δεύτερο στόφιασμα της ζύμης για 50 min στην ίδια θερμοκρασία. Τέλος μετά την περάτωση του στοφιάσματος αλείφονται και οι δύο ζύμες στην επιφάνεια με αυγό και ακολουθεί ο κλιβανισμός τους στους 160°C για 35 min. Αφού ολοκληρώθηκε ο κλιβανισμός και απέκτησαν τα τσουρέκια θερμοκρασία δωματίου, ύστερα από τουλάχιστον 2 h, μετρήθηκε ο όγκος, το βάρος τους και λήφθηκαν εξωτερικά φωτογραφίες των τσουρεκιών, στη συνέχεια κωδικοποιήθηκαν και συσκευάστηκαν για την απαραίτητη αποθήκευση στους 25°C.



Εικόνα 3.1 Διάγραμμα ροής – Παρασκευή Τσουρεκιών

Η αποθήκευση των εμπλουτισμένων τσουρεκιών πραγματοποιήθηκε σε κλίβανο θερμοκρασίας 25°C, αφού αρχικά συσκευάστηκαν σε σακούλες από πολυπροπυλένιο (PP). Επιλέχθηκε ως χρόνος αποθήκευσης, για κάθε ποσοστό υποκατάστασης, οι 0, 1, 4, 7, 10 και 14 μέρες.

3.1. Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών τσουρεκιού

3.1.1. Φυσικοχημικές Ιδιότητες

Προσδιορισμός υγρασίας

Η περιεχόμενη υγρασία στην ψίχα του τελικού προϊόντος των αρτοσκευασμάτων προσδιορίστηκε μετρώντας την απώλεια βάρους έπειτα από ξήρανση. Συγκεκριμένα σε τρία προζυγισμένα τριβλία ζυγίστηκαν 2 g (με ακρίβεια $\pm 0,05$ g) αλεσμένης ψίχας δείγματος και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε φούρνο αέρα στους 110°C για 24 h. Μετά το πέρας της ξήρανσης τα τριβλία αφέθηκαν να κρυσώσουν σε ξηραντήρα με silica gel, για να αποφευχθεί η απορρόφηση υγρασίας και ζυγίστηκαν σε αναλυτικό ζυγό. Η εκατοστιαία περιεκτικότητα υγρασίας (% X) υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\% X = \frac{m_{\alpha\rho\chi} - m_{\tau\epsilon\lambda}}{m_{\alpha\rho\chi} - m_{\beta\alpha\zeta}} \quad (1)$$

Όπου, $m_{αρχ}$: αρχική μάζα που έχει το τριβλίο με το προϊόν (g) , $m_{τελ}$: η συνολική μάζα μετά τη ξήρανση (g) και $m_{βαζ}$: η μάζα που έχει το τριβλίο(g).

Για κάθε δείγμα ελήφθησαν τρεις ανεξάρτητες μετρήσεις και αναφέρονται οι μέσες τιμές και η τυπική απόκλιση.

Προσδιορισμός ενεργότητας ύδατος (a_w)

Για τον υπολογισμό της ενεργότητας ύδατος (a_w) της ψίχας των τσουρεκιών χρησιμοποιήθηκε το όργανο μέτρησης ενεργότητας ύδατος «AquaLab 4TE» (AquaLab 4TE, Decagon Devices, Inc., USA). Για κάθε δείγμα έγιναν τρεις επαναλήψεις και το αποτέλεσμα είναι ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση.

Απώλεια βάρους κατά τον κλιβανισμό (baking loss)

Η μεταβολή αυτή υπολογίστηκε από τη διαφορά βάρους του ζυμαριού πριν και το βάρος του αρτοσκευάσματος μετά τον κλιβανισμό, μετά τη ψύξη του σε θερμοκρασία δωματίου, με τη βοήθεια της εξίσωσης:

$$BL = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Όπου, m_i :αρχικό βάρος ζύμης πριν τη θερμική επεξεργασία (g), m_f : βάρος τσουρεκιού μετά τον κλιβανισμό και ψύξη του (g). Λήφθηκαν τρεις μετρήσεις για κάθε δείγμα και υπολογίστηκε ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση.

3.1.2. Δομικές Ιδιότητες

Προσδιορισμός ειδικού όγκου (SV)

Για την μέτρηση του όγκου των τσουρεκιών χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική μέθοδος εκτόπισης σπόρων. Κατάλληλο δοχείο συμπληρώθηκε πλήρως με συμμετρικούς σπόρους ώστε να υπολογισθεί η ποσότητα που χρειάζεται για να γεμίσει πλήρως το σκεύος. Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν αρκετοί σπόροι και τοποθετήθηκε στο δοχείο το τσουρέκι. Έπειτα συμπληρώθηκαν τα κενά με όσους σπόρους χρειάστηκε και ογκομετρήθηκαν οι εναπομείναντες σπόροι σε ογκομετρικό κύλινδρο ώστε να υπολογισθεί ο όγκος του μετρούμενου δείγματος (V_a). Διαιρώντας τον όγκο αυτό προς το βάρος του κλιβανισμένου τσουρεκιού (m_a) υπολογίζεται ο ειδικός όγκος (SV_{before}) σε mL/g.

$$SV_{before} = \frac{V_a}{m_a} \quad (3)$$

Επίσης υπολογίστηκε ο ειδικός όγκος του αρτοσκευάσματος (εκφρασμένος σε mL/g) έπειτα από την αποθήκευση (SV_{after}), διαιρώντας τον όγκο του τσουρεκιού (V_b) μετά την αποθήκευση προς το αντίστοιχο βάρος του (m_b).

$$SV_{after} = \frac{V_b}{m_b} \quad (4)$$

Εκατοστιαία μεταβολή βάρους κατά την αποθήκευση (% weight change)

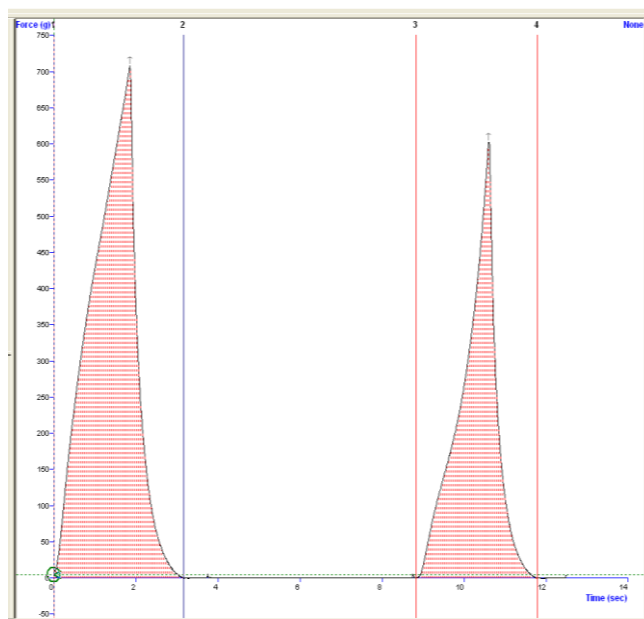
Ο υπολογισμός της εκατοστιαίας μεταβολής βάρους των δειγμάτων κατά την αποθήκευση υπολογίστηκε από τον ακόλουθο τύπο:

$$\% \text{ weight change} = \left(\frac{m_{κλιβ.} + m_{μ.α.}}{m_{κλιβ.}} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

Όπου, $m_{κλιβ.}$: είναι η μάζα του κλιβανισμένου τσουρεκιού πριν την αποθήκευση (g) και $m_{μ.α.}$: η μάζα του τσουρεκιού μετά την αποθήκευση (g).

3.1.3. Μηχανικές Ιδιότητες - Αναλυτής υφής (TPA)

Χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υφής Stable Micro Systems για τον χαρακτηρισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των προϊόντων. Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών υφής των τσουρεκιών λήφθηκαν συνολικά 4 φέτες πάχους 2 cm από κάθε δείγμα και πραγματοποιήθηκε σε αυτές διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση με ειδικό στέλεχος κυλινδρικού σχήματος διαμέτρου 25 mm (P/25 : 25mm DIA CYLINDER ALUMINIUM). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την ημέρα ολοκλήρωσης της αποθήκευσης των αρτοσκευασμάτων. Η δοκιμή TPA πραγματοποιήθηκε υπό τις ακόλουθες συνθήκες: ταχύτητα προ-δοκιμής 1 mm/s, ταχύτητα δοκιμής 5 mm/s, ταχύτητα μετα-δοκιμής 5 mm/s και βάθος διείδυσης 50 %. Μετά το πέρας της διείδυσης αποτυπώθηκε το διάγραμμα δύναμης-χρόνου (Εικόνα 3.2), από το οποίο προσδιορίστηκαν οι παράμετροι: σκληρότητα, συνεκτικότητα, ελαστικότητα, κολλητικότητα και μασητικότητα.



Εικόνα 3.2 Διάγραμμα δύναμης-χρόνου αναλυτή υφής (TPA)

3.2. Εκτίμηση σταδίου οξείδωσης λιπιδίων-Δοκιμή θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA value)

Για να μετρηθεί η οξειδωτική σταθερότητα του ελαίου κάνναβης χρησιμοποιούνται διάφορες παράμετροι που υποδεικνύουν την ποσότητα των πρωτογενών (ελεύθερα λιπαρά οξέα, υπεροξειδία) και των δευτερογενών (αλδεΐδες και κετόνες) προϊόντων οξείδωσης (Leonard et al., 2020). Μια μέθοδος προσδιορισμού είναι και η αντίδραση θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA). Η μηλονική αλδεΐδη (MA) είναι δευτερογενές προϊόν λιπαρών οξέων με 3 ή περισσότερους διπλούς δεσμούς. Σχηματίζεται, κατά την οξείδωση των λιπιδίων, ως αποτέλεσμα της αποδόμησης των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Όταν αντιδρά με το θειοβαρβιτουρικό οξύ (TBA) σχηματίζει ένα ροζ σύμπλοκο, το οποίο μετρείται φασματοφωτομετρικά (Τσάκης, 2018). Για την εκτίμηση του σταδίου οξείδωσης των λιπιδίων στα αρτοσκευάσματα, πραγματοποιήθηκε η δοκιμή θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA) βασισμένη στην αντίδραση της μηλονικής διαλδεΐδης με θειοβαρβιτουρικό οξύ και στο σχηματισμό ενός έγχρωμου συμπλόκου, όπως περιγράφεται από τους Giannakourou et al., (2021). Αρχικά προετοιμάστηκαν καταλλήλως τα απαραίτητα αντιδραστήρια:

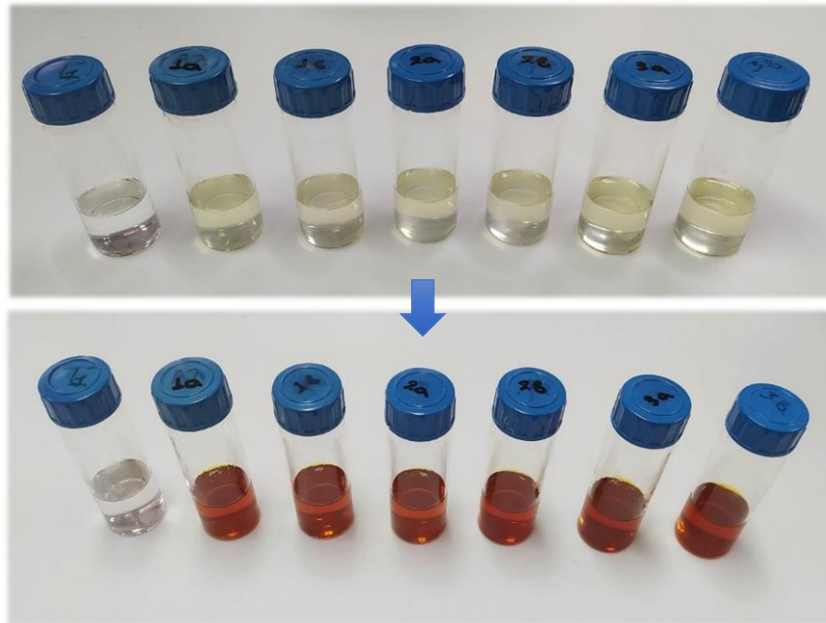
- Διάλυμα 2M H_3PO_4 (23 ml π. H_3PO_4 αραιώθηκαν στα 100 mL με απιονισμένο νερό)
- Διάλυμα 20 % τριγλωροξικού οξέος σε 2M H_3PO_4 (20 g TCA αραιώνονται στα 100 mL με 2M H_3PO_4)

- Glacial Οξικό οξύ 90 % (90 mL glacial οξικού οξέος αραιώνονται στα 100 mL με απιονισμένο νερό)
- Αντιδραστήριο 0.02 M TBA (0.2883 g 2-θειοβαρβιτουρικού οξέος διαλύονται σε 100 mL glacial οξικού οξέος 90 %)

Στη συνέχεια ποσότητα 10 g κατάλληλα προετοιμασμένου δείγματος τοποθετήθηκε σε ηλεκτρικό περιέκτη με 25,0 ml ψυχρού (4°C) διαλύματος 20 % τριγλωροξικού οξέος σε 2 M H₃PO₄ και ομογενοποιήθηκαν για 2 min σε υψηλή ταχύτητα. Το μίγμα αυτό μεταφέρθηκε ποσοτικά σε ογκομετρικό κύλινδρο 100 mL και συμπληρώθηκε με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή. Στη συνέχεια το περιεχόμενο μεταφέρθηκε σε ποτήρι ζέσεως 100 mL το οποίο περιείχε μικρή ποσότητα αποχρωστικής γης. Το μίγμα αναδεύτηκε και αφέθηκε σε ηρεμία για λίγα λεπτά. Έπειτα έγινε διήθηση μέσω διηθητικού χαρτιού σε ποτήρι ζέσεως 100 mL. Από το διαυγές διήθημα 5,0 mL μεταφέρθηκαν με σιφόνιο σε ισάριθμα γυάλινα φιαλίδια μαζί με 5,0 ml αντιδραστήριο TBA. Για κάθε δείγμα έγιναν δύο επαναλήψεις. Ετοιμάστηκε παράλληλα τυφλό δείγμα αποτελούμενο από 5,0 ml απιονισμένο νερό και 5,0 ml αντιδραστήριο TBA. Τα φιαλίδια πωματίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο για 30 min, προς σχηματισμό του έγχρωμου συμπλόκου μηλονικής διαλδεΐδης /2-θειοβαρβιτουρικού οξέος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.3. Έπειτα τα φιαλίδια ψύχθηκαν με νερό βρύσης και μετρήθηκε η απορρόφηση του τυφλού και των διαλυμάτων στα 530 nm. Η συγκέντρωση των προϊόντων της οξειδωτικής τάγγισης, εκφρασμένη σε mg μηλονικής διαλδεΐδης ανά kg δείγματος, δίνεται από τη σχέση:

$$C_{M/A} \left(\frac{mg}{kg} \right) = \frac{[(A^{530} - 0.0004) \cdot 10 \cdot 100]}{[0.1835 \cdot B_{\delta} \cdot R(\%)]} / 2 \quad (6)$$

Όπου A^{530} είναι η απορρόφηση του διαλύματος, B_{δ} (g) το βάρος του δείγματος και R (%) ο συντελεστής ανάκτησης.



Εικόνα 3.3 Σχηματισμός του έγχρωμου συμπλόκου της μηλονικής διαλδεύδης/2-θειοβαρβιτουρικού οξέος.

3.3. Προσδιορισμός ολικού φαινολικού περιεχομένου (TPC) με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu και προσδιορισμός αναγωγικής ισχύος/αντιοξειδωτικής δράσης με τη μέθοδο FRAP

Εκχύλιση φαινολικών ενώσεων

Τα δείγματα εκχυλίστηκαν με n-εξάνιο σε αναλογία 1:5 (w/v) προκειμένου να απομακρυνθεί το λίπος. Αφού παρέμειναν σε δονούμενη πλάκα για 1 h, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, έγινε απόχυση του διαλύτη και τοποθετήθηκαν σε κλίβανο στους 40°C για 4 h, για να εξατμιστεί πλήρως το εξάνιο. Στη συνέχεια το υπολειπόμενο δείγμα εκχυλίστηκε με μεθανόλη σε αναλογία 1:5 (w/v) και τοποθετήθηκε σε δονούμενη πλάκα στους 40°C για 24 h. Ακολούθως το δείγμα διηθήθηκε για παραλαβή του αποστάγματος και συμπυκνώθηκε μέχρι ξηρού με τη βοήθεια του περιστροφικού εξατμιστήρα IKA Werke RV06-ML (IKA Werke Rotovapor RV06-ML και Waterbath HB4 Basic). Για την παραλαβή του συμπυκνωμένου δείγματος χρησιμοποιήθηκε μεθανόλη και το δείγμα μεταφέρθηκε ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη 10 mL, η οποία συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή με μεθανόλη. Στα δείγματα των αρτοσκευασμάτων με υποκατάσταση 30 % και 50 % αλεύρου κάνναβης πραγματοποιήθηκε μια περαιτέρω αραιώση σε αναλογία 1:2 (v/v), με μεθανόλη.

Προσδιορισμός του ολικού φαινολικού περιεχομένου (TPC) με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu

Για τη μέτρηση του ολικού φαινολικού περιεχομένου χρησιμοποιήθηκε η μικρομέθοδος Folin-Ciocalteu, όπως περιγράφεται από τους Andreou et al. (2018). Σε κυψελίδα των 4,0 mL τοποθετήθηκαν 10 μ L από το εκχύλισμα του δείγματος, 2,5 mL απεσταγμένο νερό και 0,2 mL αντιδραστήριου Folin Ciocalteu. Έπειτα ακολούθησε ισχυρή ανάδευση και ύστερα από αναμονή 8 min σε σκοτεινό μέρος, προστέθηκαν 0,5 mL κορεσμένου διαλύματος ανθρακικού νατρίου και το δείγμα αναδεύτηκε ξανά. Στη συνέχεια οι κυψελίδες τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40° C για 30 min. Αφού αναπτύχθηκε το επιθυμητό μπλε χρώμα και το περιεχόμενο απέκτησε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετρήθηκε για κάθε δείγμα η απορρόφηση στα 750 nm. Η διόρθωση στο σφάλμα της τιμής της απορρόφησης λόγω του διαλύτη των δειγμάτων έγινε με «τυφλό» δείγμα. Η πειραματική διαδικασία και ο προσδιορισμός έγιναν εις διπλούν για κάθε δείγμα. Η περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά κάθε δείγματος υπολογίστηκε από πρότυπη καμπύλη αναφοράς, κατασκευασμένη με σειρά προτύπων διαλυμάτων γαλλικού οξέος συγκεντρώσεων 25-2600 mg/L ($y=0.0005x + 0.0783$, $R^2=0.9989$) και εκφράστηκε σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE, Gallic Acid Equivalents) ανά 100 g ξηρού δείγματος.

Προσδιορισμός αναγωγικής ισχύος/αντιοξειδωτικής δράσης (μέθοδος FRAP)

Η αντιοξειδωτική δράση των δειγμάτων υπολογίστηκε με τη βοήθεια της γρήγορης και άμεσης μεθόδου FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), όπως περιγράφεται από τους Lantzouraki et al. (2016). Αρχικά παρασκευάστηκαν τα απαραίτητα αντιδραστήρια:

- Ρυθμιστικό Διάλυμα $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$ συγκέντρωσης 300mM
- Διάλυμα HCl συγκέντρωσης 40 mM
- TPTZ [2,4,6-τρι-(2-πυριδυλ)-τριαζίνη] συγκέντρωσης 10mM, το οποίο αναμίχθηκε με το διάλυμα HCl
- Διάλυμα $\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$ συγκέντρωσης 20 mM
- Προετοιμασία διαλύματος FRAP (200,00 mL ρυθμιστικό διάλυμα με 20,00 mL διαλύματος $\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$ και 20,00 mL διαλύματος TPTZ)

Σε πλαστικές κυψελίδες των 4 mL τοποθετήθηκαν 10 μ L εκχυλίσματος του δείγματος, 2,0 mL απεσταγμένο νερό, 0,9 mL διαλύματος FRAP και 0,5 mL ρυθμιστικού διαλύματος. Παράλληλα παρασκευάστηκε και το «τυφλό» δείγμα. Στη συνέχεια τα δείγματα

αναδεύτηκαν και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 40°C για 90 min. Ακολούθησε η μέτρηση της απορρόφησης τους στα 595 nm και μέσω του «τυφλού» διαλύματος υπολογίστηκε το θετικό σφάλμα που προκλήθηκε στις τιμές της απορρόφησης από τον διαλύτη των δειγμάτων. Η πειραματική διαδικασία έγινε εις διπλούν για κάθε δείγμα. Η πρότυπη καμπύλη αναφοράς κατασκευάστηκε με σειρά προτύπων διαλυμάτων $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ συγκέντρωσης 50-1800 μM και η αναγωγική ισχύς/αντιοξειδωτική δράση του δείγματος εκφράστηκε ως mg Fe^{+2} ανά 100 g ξηρού δείγματος. Ο Fe^{+2} είναι το αποτέλεσμα της αντίδρασης του συμπλόκου Fe^{+3} με τα αντιοξειδωτικά.

3.4. Ταυτοποίηση φαινολικών ενώσεων με υγρή χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας με αναλυτή χρόνου πτήσης (Q-TOF LC-MS)

Η ταυτοποίηση των φαινολικών συστατικών πραγματοποιήθηκε στα μεθανολικά εκχυλίσματα του άλευρου σίτου, του άλευρου κάνναβης, καθώς και των υποκατεστημένων δειγμάτων με άλευρο κάνναβης. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του φασματόμετρου μαζών Agilent 6530 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) συνδεδεμένο με υγρή χρωματογραφία Agilent 1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), εξοπλισμένη με στήλη NUCLEOSHELL Bluebird RP 18, 2.7 μm , 100 x 4.6 mm (Macherey-Nagel, Düren, Germany). Η κινητή φάση που χρησιμοποιήθηκε ήταν υπερκάθαρο νερό με οξικό οξύ 0,1% ως διαλύτης A και ακετονιτρίλιο με οξικό οξύ 0,1% ως διαλύτης B, με ρυθμό ροής 1.0 mL/min και πίεση 600 bar. Ο χρωματογραφικός διαχωρισμός των φαινολικών συστατικών πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας πρόγραμμα βαθμιδωτής έκλουσης, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5 Πρόγραμμα βαθμιδωτής έκλουσης υγρής χρωματογραφίας

Χρόνος (min)	A (%)	B (%)
0,0	90	10
8,0	70	30
12,0	60	40
16,0	50	50
18,0	90	10
33,0	90	10

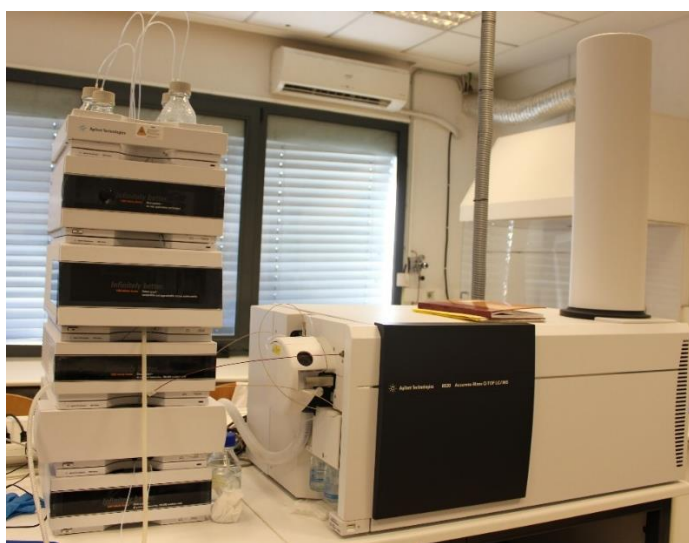
Ο ενέσιμος όγκος εκχυλίσματος του κάθε δείγματος ήταν 10 μL και η ένεση έγινε μέσω αυτόματου δειγματολήπτη. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε αρνητικό ιοντισμό με ηλεκτροψεκάσμο (ESI). Για να επιτευχθεί η συνεχής διόρθωση της βαθμονόμησης του συστήματος κατά την λειτουργία του αρνητικού ιοντισμού διοχετεύτηκε κατάλληλο διάλυμα με ιόντα αναφοράς, τα οποία είχαν τιμές m/z 112,9856 και 1033,9881. Οι

παράμετροι του οργάνου που εφαρμόστηκαν για τα πειράματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6. Η επεξεργασία των φασμάτων και των χρωματογραφημάτων έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού Agilent MassHunter Qualitative Analysis B.07.00-E2 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA).

Πίνακας 3.6 Παράμετροι οργάνου

Θερμοκρασία αερίου αποδιαλύτωσης	300 °C
Ροή αερίου αποδιαλύτωσης	10 L/min
Πίεση αερίου εκνεφωτή	45 psig
Δυναμικό τριχοειδούς	3500 V
Δυναμικό θραυσματοποίησης	150 V
Δυναμικό αποκορυφωτή / διαχωριστή ιόντων	65 V

Η ταυτοποίηση των ενώσεων: πρωτοκατεχικό οξύ, 4-υδροξυβενζοϊκό οξύ, χλωρογενικό οξύ, (-)-κατεχίνη, βανιλλικό οξύ, π-κουμαρικό οξύ και φερουλικό οξύ πραγματοποιήθηκε με βάση το σφάλμα μάζας (mass error), με ακρίβεια ± 5 ppm, και το χρόνο κατακράτησης (Retention time, Rt) διαθέσιμων προτύπων ενώσεων. Οι υπόλοιπες ενώσεις ταυτοποιήθηκαν με βάση το σφάλμα μάζας (με ακρίβεια ± 5 ppm) και τα φάσματα μαζών MS/MS σε σύγκριση με αυτά της βιβλιογραφίας (Izzo et al., 2020) και των βάσεων δεδομένων ReSpect (<http://spectra.psc.riken.jp/>), MassBank (<http://massbank.jp/>) και HMDB (<https://hmdb.ca/spectra/ms/search>).



Εικόνα 3.4 Agilent 6530 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS

3.5. Ανάλυση εικόνας (Image Analysis)

Για την λήψη των φωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε η φωτογραφική μηχανή Canon EOS 4000D digital, κατάλληλος φωτισμός εκατέρωθεν της κάμερας καθώς και φωτιστική πλάκα στη βάση. Ελήφθησαν φωτογραφίες από ολόκληρο το τσουρέκι, στις τέσσερις πλευρές του και σε τέσσερις φέτες, για κάθε δείγμα, και από τις δύο πλευρές της φέτας. Η επεξεργασία των εικόνων έγινε με το λογισμικό Image Pro-Plus v7.0.1.658 (Εικόνα 3.5) για να προσδιορισθούν τα γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του τσουρεκιού.



Εικόνα 3.5 Ανάλυση εικόνας στο Image Pro-Plus

3.6. Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων έγινε με το πρόγραμμα STATISTICA (Statistica Release12, Statsoft Inc Tulsa, Ok, USA). Εφαρμόστηκε παραγοντική ανάλυση (Factorial ANOVA) για να εξεταστεί η σημαντικότητα της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς και η αλληλεπίδραση των παραγόντων, στους μέσους όρους των ιδιοτήτων. Όπου υπήρχαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Duncan για τον έλεγχο τους.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων

Η περιεχόμενη υγρασία των αλεύρων σίτου και κάνναβης παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 4.1 Περιεχόμενη υγρασία (%) αλεύρων

WF	12,331±0,123
HF	5,761±0,101

WF: αλεύρι σίτου, HF: αλεύρι κάνναβης (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση)

Ο Πίνακας 4.2 παρουσιάζει την περιεχόμενη υγρασία και την ενεργότητα ύδατος a_w για τα υποκατεστημένα με άλευρο κάνναβης δείγματα τσουρεκιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι καθώς αυξάνεται το ποσοστό αλεύρου κάνναβης στα αρτοσκευάσματα, η περιεχόμενη υγρασία στην ψίχα του προϊόντος μειώνεται σημαντικά. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και μελέτες που έγιναν σε ψωμί υποκατεστημένο με άλευρο κάνναβης σε αναλογίες 5, 10, 15 και 20 % (Rusu et al., 2021). Η περιεχόμενη υγρασία στο τελικό προϊόν εξαρτάται από την απορρόφηση του νερού κατά το σχηματισμό του ζυμαριού καθώς και από την απώλεια νερού κατά τον κλιβανισμό (Apostol et al., 2015). Κατά την αποθήκευση των αρτοσκευασμάτων παρατηρήθηκε μείωση της περιεχόμενης υγρασίας με την πάροδο των ημερών αποθηκεύσεως, σε κάθε υποκατάσταση τσουρεκιού. Μεταξύ της δέκατης (10^{ης}) και δέκατης-τέταρτης (14^{ης}) ημέρας, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά. Παρατηρήθηκε επίσης μείωση της περιεχόμενης υγρασίας, ως χαμηλότερη τιμή, στα προϊόντα κατά την έβδομη (7^η) ημέρα αποθήκευσης. Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των τιμών της περιεχόμενης υγρασίας των δειγμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Η ενεργότητα ύδατος (a_w) του τελικού προϊόντος επηρεάζει τις φυσικοχημικές μεταβολές, την υφή και την διάρκεια ζωής του προϊόντος (Timoshenkova et al., 2020). Οι τιμές a_w των προϊόντων ήταν μεταξύ 0,86-0,90, όπως αναγράφεται και στον Πίνακα 4.2. Στα τσουρέκια με υποκατάσταση 50% αλεύρου κάνναβης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη τσουρεκιού καθώς η ενεργότητα ύδατος αυτών ήταν μικρότερη. Κατά την αποθήκευση παρατηρήθηκε μείωση της ενεργότητας νερού στα αρτοσκευάσματα.

Πίνακας 4.2 Περιεκτικότητα υγρασίας και *aw* της ψίχας των τσουρεκιών

Περιεχόμενη υγρασία (%)				
Χρόνος (ημέρες)	C0	C10	C30	C50
0	31,372±0,939 ^k	32,322±1,043 ^l	31,298±0,294 ^k	30,822±0,311 ^{jk}
1	28,248±0,281 ^{ghi}	31,37±0,462 ^k	30,161±0,507 ^j	29,984±1,148 ^j
4	27,897±0,182 ^{fgh}	29,034±0,226 ⁱ	27,336±0,149 ^{cdefg}	27,349±0,308 ^{cdefg}
7	25,868±0,501 ^{ab}	28,681±1,317 ^{hi}	27,57±0,515 ^{defg}	25,714±0,084 ^a
10	26,93±0,488 ^{cde}	27,865±0,207 ^{fgh}	27,851±0,143 ^{efgh}	26,801±0,647 ^{cd}
14	26,978±1,809 ^{cdef}	28,123±0,722 ^{gh}	27,52±0,327 ^{cdefg}	26,621±0,201 ^{bc}

<i>aw</i>				
Χρόνος (ημέρες)	C0	C10	C30	C50
0	0,898±0,003 ^{jk}	0,901±0,004 ^k	0,901±0,001 ^k	0,897±0,002 ^{jk}
1	0,885±0,006 ^{ghi}	0,897±0,004 ^k	0,891±0,003 ^{ij}	0,888±0,003 ^{hi}
4	0,879±0,004 ^{efg}	0,888±0,008 ^{hi}	0,869±0,001 ^{bcd}	0,870±0,003 ^{bcd}
7	0,872±0,017 ^{bcde}	0,879±0,012 ^{efg}	0,881±0,009 ^{fgh}	0,859±0,001 ^a
10	0,876±0,005 ^{cdef}	0,871±0,003 ^{bcde}	0,876±0,001 ^{cdef}	0,868±0,006 ^{bc}
14	0,873±0,013 ^{cdef}	0,878±0,007 ^{defg}	0,872±0,004 ^{bcde}	0,864±0,003 ^{ab}

C0: τσουρέκι ελέγχου, χωρίς άλευρο κάνναβης, C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

Το ποσοστό αλεύρου κάνναβης στα τσουρέκια δεν επηρέασε την εκατοστιαία απώλεια βάρους κατά τον κλιβανισμό, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και η έρευνα των Mikulec et al. (2019) που έγινε σε άρτο με διαφορετικές υποκαταστάσεις αλεύρου σίτου με άλευρο κάνναβης. Ωστόσο η μεταβολή κατά το ψήσιμο ίσως σχετίζεται με τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες όπως έλαιο, σπόροι, το άλευρο και την πρωτεΐνη κάνναβης (Hřivna et al., 2016).

Πίνακας 4.3 % απώλεια βάρους κατά τον κλιβανισμό

Είδος τσουρεκιού	Απώλεια βάρους (%)
C0	7,178±1,625 ^a
C10	6,183±1,069 ^a
C30	6,59±0,442 ^a
C50	7,021±0,355 ^a

C0: τσουρέκι ελέγχου, χωρίς άλευρο κάνναβης, C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση).

4.2. Αποτελέσματα δομικών ιδιοτήτων

Ο ειδικός όγκος του κλιβανισμένου τσουρεκιού ($SV_{(before)}$), όπως αναφέρεται στον Πίνακα 4.4, μειώθηκε όσο αυξάνεται το ποσοστό αλεύρου κάνναβης στα αρτοσκευάσματα. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση του ειδικού όγκου στα τσουρέκια με 10 % υποκατάσταση με άλευρο κάνναβης σε σύγκριση με τα δείγματα τσουρεκιού ελέγχου. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο άλευρο κάνναβης που είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, σάκχαρα και μέταλλα και έτσι αυξάνεται η δραστηριότητα της ζύμωσης στα κύτταρα της ζύμης του. Αυτό συνεπάγεται την αύξηση της έντασης της ζύμωσης και το σχηματισμό αερίων στη ζύμη με αποτέλεσμα την αύξηση του ειδικού όγκου και του πορώδους της ψίχας (Vasukona et al., 2021). Με την αύξηση όμως του αλεύρου κάνναβης σε ποσοστό 30 και 50% παρατηρήθηκε μείωση του ειδικού όγκου σε σύγκριση με το τσουρέκι ελέγχου. Η διαφορά αυτή ίσως οφείλεται στη μείωση της γλουτένης, λόγω προσθήκης περισσότερου αλεύρου κάνναβης καθώς και στη συνολική ποσότητα αμύλου, που είναι η κύρια πηγή για τα ζυμώσιμα σάκχαρα. Για το λόγο αυτό μειώνεται ο ειδικός όγκος του προϊόντος (Vasukona et al., 2021). Αξίζει να σημειωθεί πως στη μελέτη τους οι Mikulec et al. (2019) παρατήρησαν στα καρβέλια ψωμιού με αντίστοιχη υποκατάσταση αλεύρου κάνναβης 30% και 50% μείωση του όγκου σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη ψωμιού χωρίς άλευρο κάνναβης και με 15% υποκατάσταση, αναφέροντας πως η αιτία αυτού του φαινομένου οφείλεται στην αλλαγή της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη γλουτένης λόγω της αντικατάστασης του αλεύρου σίτου με κάνναβης καθώς και στην αυξημένη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, οι οποίες μειώνουν την συγκράτηση των αερίων της ζύμωσης.

Πίνακας 4.4 Ειδικός όγκος κλιβανισμένων τσουρεκιών

Είδος τσουρεκιού	$SV_{(before)}$ (mL/g)
C0	3,577±0,175 ^c
C10	3,806±0,204 ^d
C30	3,124±0,122 ^b
C50	2,899±0,085 ^a

C0: τσουρέκι ελέγχου, χωρίς άλευρο κάνναβης, C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με διαφορετικό γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

Όσον αφορά τον ειδικό όγκο μετά την αποθήκευση των τσουρεκιών ($SV_{(after)}$) δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ημερών αποθήκευσης στα δείγματα με το ίδιο ποσοστό υποκατάστασης, αλλά αντιθέτως παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση του ειδικού όγκου με την αύξηση του ποσοστού υποκατάστασης (Πίνακας 4.5).

Πίνακας 4.5 Ειδικός όγκος τσουρεκιών μετά την αποθήκευση

SV_(after) (mL/g)				
Χρόνος (ημέρες)	C0	C10	C30	C50
0	3,551±0,426 ^c	3,575±0,464 ^d	3,024±0,082 ^b	2,923±0,012 ^a
1	3,589±0,141 ^c	3,987±0,005 ^d	2,875±0,229 ^b	2,841±0,1 ^a
4	3,131±0 ^c	3,675±0,539 ^d	3,024±0 ^b	2,585±0,01 ^a
7	3,287±0,113 ^c	3,573±0,111 ^d	2,905±0,27 ^b	2,68±0,115 ^a
10	3,649±0,393 ^c	3,48±0,157 ^d	2,938±0,027 ^b	2,776±0,071 ^a
14	3,355±0,535 ^c	3,529±0,22 ^d	3,103±0,084 ^b	2,757±0,014 ^a

C0: τσουρέκι ελέγχου, χωρίς άλευρο κάνναβης, C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

Οι τιμές της εκατοστιαίας αλλαγής βάρους κατά την αποθήκευση παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6. Η εκατοστιαία αλλαγή βάρους αυξανόταν με την πάροδο της αποθήκευσης. Το ποσοστό μεταβολής του βάρους ήταν σημαντικά μικρότερο στα αρτοσκευάσματα με 50% υποκατάσταση αλεύρου κάνναβης σε σύγκριση με τα 10 και 30%.

Πίνακας 4.6 % αλλαγή βάρους κατά την αποθήκευση

% αλλαγή βάρους			
Χρόνος (ημέρες)	C10	C30	C50
0	0	0	0
1	0,149±0,002 ^a	0,173±0,018 ^a	0,147±0,001 ^a
4	0,422±0,039 ^c	0,222±0,026 ^b	0,186±0,026 ^b
7	0,476±0,071 ^c	0,413±0,018 ^c	0,272±0,013 ^b
10	0,398±0,059 ^c	0,502±0,037 ^c	0,446±0,052 ^c
14	0,849±0,216 ^d	0,774±0,143 ^d	0,611±0,023 ^d

C0: τσουρέκι ελέγχου, χωρίς άλευρο κάνναβης, C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

4.3. Αποτελέσματα μηχανικών ιδιοτήτων - αναλυτή υφής (TPA)

Η υφή των τροφίμων είναι από τις βασικές παραμέτρους για την ποιότητα των τροφίμων διότι καθορίζει την ποιότητα από διαφορετικές οπτικές όπως η αισθητηριακή, η συνολική εμφάνιση, η διάρκεια ζωής και η θρεπτική αξία (Rusu et al., 2021). Η διαδικασία της παλαίωσης οδηγεί στη μείωση των χαρακτηριστικών του φρέσκου και σε αλλαγές στην υφή, με αποτέλεσμα σύντομη διάρκεια ζωής και συγκεκριμένη ημερομηνία λήξης (Mikulec et al., 2019). Οι τιμές των παραμέτρων της υφής των τσουρεκιών αναγράφονται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα παραμέτρων ανάλυσης υφής των δειγμάτων ψίχας των τσουρεκιών

Είδος τσουρεκιού	Χρόνος (Ημέρες)	Σκληρότητα (N)	Συνεκτικότητα (ratio)	Ελαστικότητα (mm)	Κολλητικότητα (N)	Μασητικότητα (N*mm)
C0	0	5,459±0,489 ^{ab}	0,659±0,019 ^o	0,94±0,017 ^c	3,497±0,164 ^{ab}	3,308±0,13 ^{abcd}
C0	1	5,626±0,159 ^{ab}	0,586±0,016 ⁿ	0,907±0,047 ^c	3,285±0,126 ^a	3,089±0,089 ^a
C0	4	6,866±0,385 ^{cd}	0,56±0,023 ^{mn}	0,901±0,014 ^c	3,748±0,165 ^{bcd}	3,374±0,203 ^{abcde}
C0	7	9,992±0,504 ^h	0,413±0,027 ^{hi}	0,884±0,027 ^c	4,267±0,217 ^{efg}	3,695±0,056 ^{efg}
C0	10	8,922±0,779 ^{fg}	0,482±0,022 ^k	0,883±0,029 ^c	4,054±0,17 ^{de}	3,494±0,07 ^{bcd}
C0	14	7,386±0,104 ^{de}	0,524±0,048 ^l	0,914±0,022 ^c	3,875±0,237 ^{cd}	3,561±0,199 ^{bcd}
C10	0	5,043±0,356 ^a	0,642±0,049 ^o	0,958±0,017 ^c	3,586±0,249 ^{bc}	3,345±0,211 ^{abcde}
C10	1	6,223±0,11 ^{bc}	0,541±0,023 ^{lm}	0,914±0,026 ^c	3,756±0,3 ^{bcd}	3,592±0,148 ^{cdefg}
C10	4	8,123±0,488 ^{ef}	0,476±0,028 ^k	0,879±0,025 ^c	4,52±0,239 ^{fg}	3,896±0,23 ^{gh}
C10	7	7,806±0,252 ^e	0,463±0,033 ^{jk}	0,887±0,04 ^c	4,557±0,099 ^{ghi}	3,795±0,241 ^{fgh}
C10	10	8,691±0,455 ^{fg}	0,422±0,017 ^{hi}	0,903±0,056 ^c	4,02±0,163 ^{de}	3,641±0,162 ^{defg}
C10	14	8,845±0,382 ^{fg}	0,41±0,063 ^{hi}	0,869±0,049 ^c	3,868±0,264 ^{cd}	3,709±0,163 ^{efg}
C30	0	6,897±0,438 ^{cd}	0,532±0,018 ^{lm}	0,904±0,016 ^b	4,042±0,131 ^{de}	3,493±0,301 ^{bcd}
C30	1	9,046±0,55 ^g	0,435±0,023 ^{ij}	0,871±0,034 ^b	4,392±0,259 ^{gh}	3,77±0,315 ^{fgh}
C30	4	11,084±0,379 ⁱ	0,398±0,015 ^{gh}	0,839±0,036 ^b	4,965±0,181 ^j	4,091±0,153 ^h
C30	7	12,117±0,581 ^j	0,37±0,024 ^{efg}	0,811±0,046 ^b	4,773±0,184 ^{ij}	4,838±0,11 ⁱ
C30	10	13,148±0,811 ^k	0,328±0,024 ^{bcd}	0,791±0,088 ^b	4,663±0,189 ^{hij}	4,118±0,12 ^h
C30	14	14,253±0,705 ^{lm}	0,334±0,025 ^{cd}	0,868±0,171 ^b	4,942±0,098 ^j	4,806±0,351 ⁱ
C50	0	9,359±0,553 ^{gh}	0,366±0,014 ^{ef}	0,798±0,02 ^a	3,688±0,211 ^{bc}	3,217±0,349 ^{ab}
C50	1	10,131±0,405 ^h	0,396±0,02 ^{fgh}	0,835±0,031 ^a	3,777±0,131 ^{bcd}	3,241±0,318 ^{abc}
C50	4	13,674±0,887 ^{kl}	0,356±0,015 ^{de}	0,769±0,03 ^a	4,235±0,151 ^{ef}	4,108±0,213 ^h
C50	7	15,03±0,681 ^{mn}	0,297±0,005 ^{ab}	0,716±0,286 ^a	4,581±0,238 ^{ghi}	6,138±0,212 ^j
C50	10	15,764±0,858 ⁿ	0,314±0,009 ^{abc}	0,742±0,310 ^a	4,905±0,195 ^j	7,4±0,321 ^k
C50	14	18,59±0,552 ^o	0,286±0,014 ^a	0,705±0,102 ^a	5,298±0,275 ^k	6,365±0,268 ^j

C0: τσουρέκι ελέγχου, χωρίς άλευρο κάνναβης, C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

Η σκληρότητα των τροφίμων δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του τσουρεκιού ελέγχου (μόνο με άλευρο σίτου) και του τσουρεκιού με 10 % υποκατάσταση με άλευρο κάνναβης και είχαν τις μικρότερες τιμές. Όμως παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση με την αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης στα τσουρέκια, σε 30 και 50 %, με το 50 % να έχει τις μεγαλύτερες τιμές. Παρατηρήθηκαν επίσης απότομες αλλαγές στη σκληρότητα

κατά την έβδομη (7^η) μέρα αποθήκευσης για το τσουρέκι ελέγχου και το τσουρέκι με ποσοστό 10 %. Όσον αφορά την αποθήκευση των τσουρεκιών 30 και 50 %, υπήρξε αύξηση της σκληρότητας αναλογικά με τις μέρες αποθήκευσης. Οι διαφορές στη σκληρότητα της ψίχας συχνά σχετίζονται με τον όγκο, γιατί όσο μικρότερος είναι ο όγκος συνήθως και η ψίχα χαρακτηρίζεται ως πιο συμπιεσμένη και επομένως έχει μεγαλύτερη σκληρότητα (Mikulec et al., 2019). Στην έρευνα τους οι Kowalska et al., 2021 αναφέρουν πως η σκληρότητα των προϊόντων με προσθήκη αλεύρου κάνναβης απορρίφθηκε μεταξύ της 10^{ης} και 14^{ης} ημέρας αποθήκευσης.

Η συνεκτικότητα των τσουρεκιών δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ του τσουρεκιού ελέγχου και του τσουρεκιού με 10 % υποκατάσταση. Το ίδιο παρατήρησαν και στη μελέτη που έκαναν για ψωμί σίτου και ψωμί με 10 % προσθήκη αλεύρου κάνναβης οι Rusu et al., 2021. Σημαντική όμως μείωση παρατηρήθηκε με την αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης, στα δείγματα σε 30 και 50 %. Στα αρτοσκευάσματα με ποσοστό υποκατάστασης έως 30% παρατηρήθηκε μια απότομη πτώση της τιμής από την μηδέν στην πρώτη (1^η) μέρα. Επίσης η παλαιώση των τσουρεκιών φαίνεται να μειώνει τη συνεκτικότητά τους.

Η ελαστικότητα των δειγμάτων μειώνεται σημαντικά με την αύξηση του ποσοστού υποκατάστασης αλεύρου κάνναβης στα αρτοσκευάσματα, όμως το τσουρέκι ελέγχου και το τσουρέκι 10 % υποκατάστασης δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Στην ίδια παρατήρηση κατέληξαν και οι Rojic et al., 2015 στην έρευνα τους για ψωμί με 5% 10% και 20% υποκαταστάσεις με άλευρο κάνναβης. Οι μέσοι όροι για τις ημέρες αποθήκευσης έδειξαν στατιστική διαφορά μόνο ως προς την ημέρα παρασκευής, η οποία είχε την υψηλότερη τιμή και δεν φάνηκε η αποθήκευση να επηρεάζει σημαντικά την ελαστικότητα των τροφίμων. Αξίζει να σημειωθεί πως δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ποσοστού υποκατάστασης και χρόνου αποθήκευσης, το ίδιο αναφέρουν και στην έρευνα τους οι Mikulec et al., 2019.

Η κολλητικότητα των τσουρεκιών αυξάνεται στατιστικά σημαντικά αναλογικά με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης στα δείγματα. Όσον αφορά την αποθήκευση των τσουρεκιών παρατηρείται μια απότομη αύξηση των τιμών της κολλητικότητας στην έβδομη (7^η) ημέρα αποθήκευσης για τα δείγματα έως και 30 % υποκατάσταση, ενώ σε αυτά με 50 % προσθήκη αλεύρου κάνναβης παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση των τιμών με την πάροδο των ημερών.

Οι μέσοι όροι κάθε ποσοστού έδειξαν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για τη μασητικότητα. Όσο αυξάνεται το ποσοστό αλεύρου κάνναβης στα τσουρέκια τόσο αυξάνεται και η μασητικότητα τους. Με την παλαιώση των τσουρεκιών αυξάνεται και η

τιμή της μασητικότητας, ωστόσο δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ημέρας παραγωγής και της πρώτης (1^{ης}) μέρας, καθώς επίσης και της έβδομης (7^{ης}) με τη δέκατη- τέταρτη (14^η) μέρα.

4.4. Αποτελέσματα βαθμού οξείδωσης λιπιδίων (TBA-value)

Η στατιστική ανάλυση με τους μέσους όρους των τιμών της συγκέντρωσης μηλονικής αλδεϋδης των δειγμάτων έδειξε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του τσουρεκιού ελέγχου και του τσουρεκιού με υποκατάσταση 10 % αλεύρου κάνναβης και πως αυξήθηκε η τιμή στα τσουρέκια με ποσοστά 30 και 50 % υποκατάστασης χωρίς αυτά να έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Επίσης κατά την αποθήκευση παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις στις τιμές της συγκέντρωσης της μηλονικής αλδεϋδης. Αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι τα προϊόντα που προκύπτουν κατά την οξείδωση είναι ασταθή και αποσυντίθενται σε δευτερογενή προϊόντα. Η συγκέντρωση των υδροϋπεροξειδίων αυξάνεται αργά στα πρώτα στάδια της αντίδρασης και στο τέλος αυξάνεται απότομα (Τσάκνης, 2018). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα συγκέντρωσης μηλονικής αλδεϋδης στα δείγματα

Χρόνος (ημέρες)	C M/A (mg/kg)			
	C0	C10	C30	C50
0	9,574±0,325 ^{abcde}	9,144±0,594 ^{abc}	9,611±0,744 ^{abcde}	10,47±0,541 ^{d^{efgh}}
1	8,793±0,437 ^{ab}	10,416±0,053 ^{cdefgh}	11,657±0,548 ^{bcdefg}	9,889±0,612 ^{bcde}
4	9,835±0,522 ^{bcde}	9,941±0,822 ^{bcdef}	11,376±0,18 ^{fgh}	10,843±0,509 ^{defgh}
7	9,375±0,248 ^{abcd}	11,06±0,264 ^{gh}	10,24±0,429 ^{bcdefg}	9,619±0,563 ^{cdefgh}
10	10,095±0,445 ^{bcdefg}	8,4±0,099 ^a	12,303±0,244 ⁱ	11,73±0,456 ^{hi}
14	-	10,982±0,205 ^{efgh}	10,958±0,955 ^{efgh}	10,101±1,068 ^{bcdefg}

C0: τσουρέκι ελέγχου, χωρίς άλευρο κάνναβης, C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

4.5. Αποτελέσματα ολικού φαινολικού περιεχόμενου (TPC) - αντιοξειδωτικής δράσης (FRAP)

Τα εκχυλίσματα των αλεύρων σίτου και κάνναβης, εξετάστηκαν ως προς το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και την αντιοξειδωτική τους δράση και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.9. Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των αλεύρων. Η περιεκτικότητα του αλεύρου κάνναβης σε ολικό φαινολικό περιεχόμενο ήταν 240,82 mg GAE/100g_{d.s.} και η τιμή του για την αντιοξειδωτική δράση 8042,84 mg Fe⁺²/100g_{d.s.}, ενώ στο άλευρο σίτου το ολικό φαινολικό περιεχόμενο ήταν 13,28 mg GAE/100g_{d.s.} και η αντιοξειδωτική του δράση 8042,84 mg Fe⁺²/100g_{d.s.}

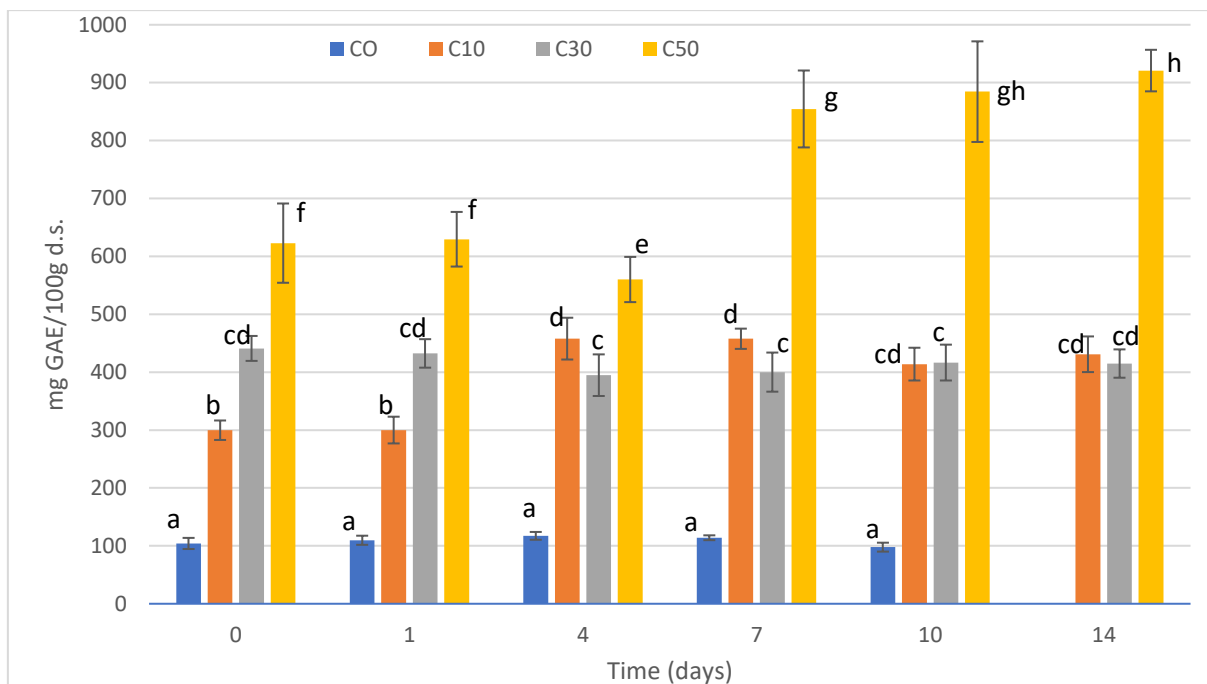
Πίνακας 4.9 Ολικό φαινολικό περιεχόμενο- αντιοξειδωτική δράση αλεύρων

	Αλεύρι σίτου	Αλεύρι κάνναβης
Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg GAE/100g_{d.s.})	13,28±2,38	240,82±44,94
Αντιοξειδωτική δράση (mg Fe⁺²/100g_{d.s.})	25,84±4,52	8042,84±1417,73

Τα αποτελέσματα του ολικού φαινολικού περιεχομένου των δειγμάτων τσουρεκιού που εξετάστηκαν παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.4.1). Η αύξηση του ποσοστού υποκατάστασης με άλευρο κάνναβης είχε σαν αποτέλεσμα και την στατιστικά σημαντική αύξηση του συνολικού φαινολικού περιεχομένου στα δείγματα τσουρεκιού, το οποίο ήταν αναμενόμενο εφόσον και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο του αλεύρου κάνναβης είναι υψηλότερο από το άλευρο σίτου.

Ακόμα παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Το τσουρέκι ελέγχου καθώς και το τσουρέκι με υποκατάσταση 30% αλεύρου κάνναβης φαίνεται πως δεν επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από την αποθήκευση, ως προς το ολικό φαινολικό περιεχόμενο.
- Στο δείγμα τσουρεκιού με 10% υποκατάσταση με άλευρο κάνναβης παρατηρήθηκε μια σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε ολικά φαινολικά κατά την τέταρτη (4^η) ημέρα, η οποία διατηρήθηκε έως τον τελικό χρόνο αποθήκευσης.
- Το τσουρέκι με ποσοστό υποκατάστασης 50% είχε στατιστικά σημαντική μείωση την τέταρτη (4^η) ημέρα αποθήκευσης, ενώ από την έβδομη (7^η) μέρα και μετά παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση της τιμής των ολικών φαινολικών έως το τέλος της αποθήκευσης.



Διάγραμμα 4.1 Ολικό φαινολικό περιεχόμενο δειγμάτων

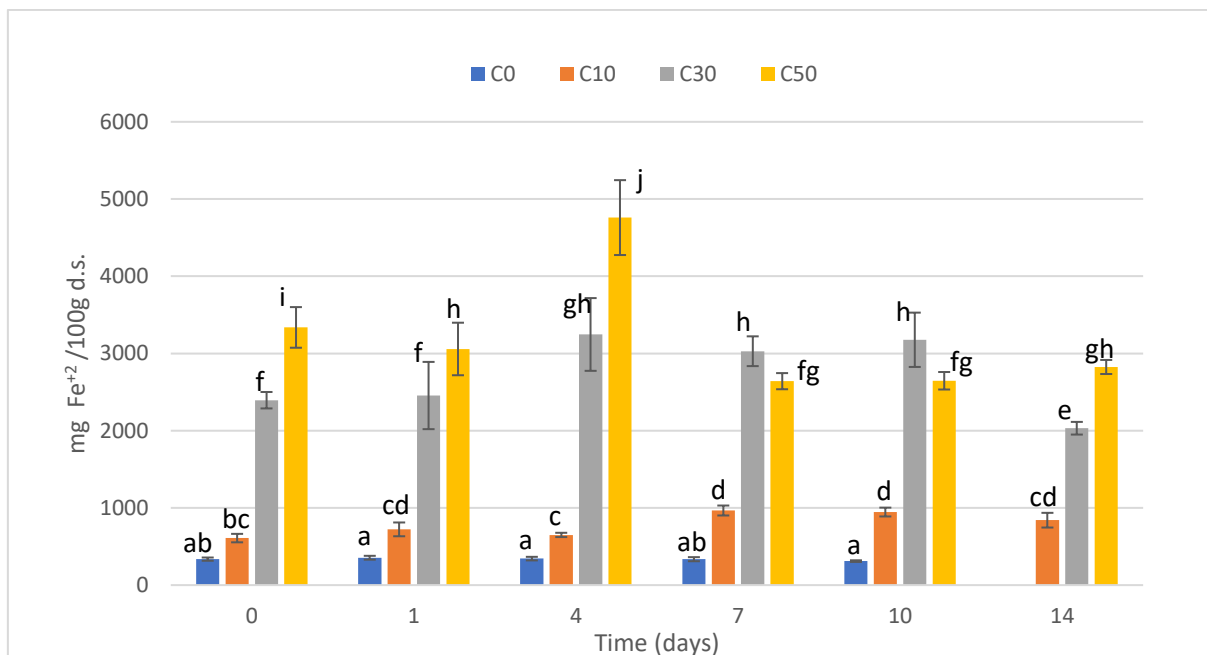
(όπου, a<b<c<d<e<f<g<h)

Όπως τα ολικά φαινολικά έτσι και η αναγωγική ισχύς/αντιοξειδωτική δράση των τσουρεκιών αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά με την αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης στα δείγματα. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Mikulec et al. (2019) στην έρευνα τους, σε ψωμί εμπλουτισμένο με άλευρο κάνναβης σε ποσοστά 15, 30 και 50 %. Τα αποτελέσματα της αντιοξειδωτικής δράσης των τσουρεκιών παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.4.2).

Παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Οι τιμές για την αντιοξειδωτική δράση στο τσουρέκι ελέγχου δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά την αποθήκευση.
- Το τσουρέκι με 10 % υποκατάσταση αλεύρου κάνναβης παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση στην αντιοξειδωτική του δράση την έβδομη (7^η) ημέρα αποθήκευσης και διατηρήθηκε σταθερή έως το τέλος της .
- Στα δείγματα τσουρεκιού με ποσοστό υποκατάστασης 30 % εμφάνισαν αυξημένη, σε σχέση με την αρχική, αντιοξειδωτική δράση μετά την τέταρτη (4^η) ημέρα αποθήκευσης έως και τη δέκατη (10^η) ημέρα , η οποία μειώθηκε την δέκατη τέταρτη (14^η) ημέρα αποθήκευσης.
- Τα δείγματα με 50 % υποκατάσταση αλεύρου κάνναβης παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αύξηση στην αντιοξειδωτική τους δράση την τέταρτη (4^η) ημέρα

αποθήκευσης, ενώ στη συνέχεια και έως το τέλος της αποθήκευσης υποβαθμίστηκε σημαντικά.



Διάγραμμα 4.2 Αντιοξειδωτική δράση των δειγμάτων τσουρεκιού

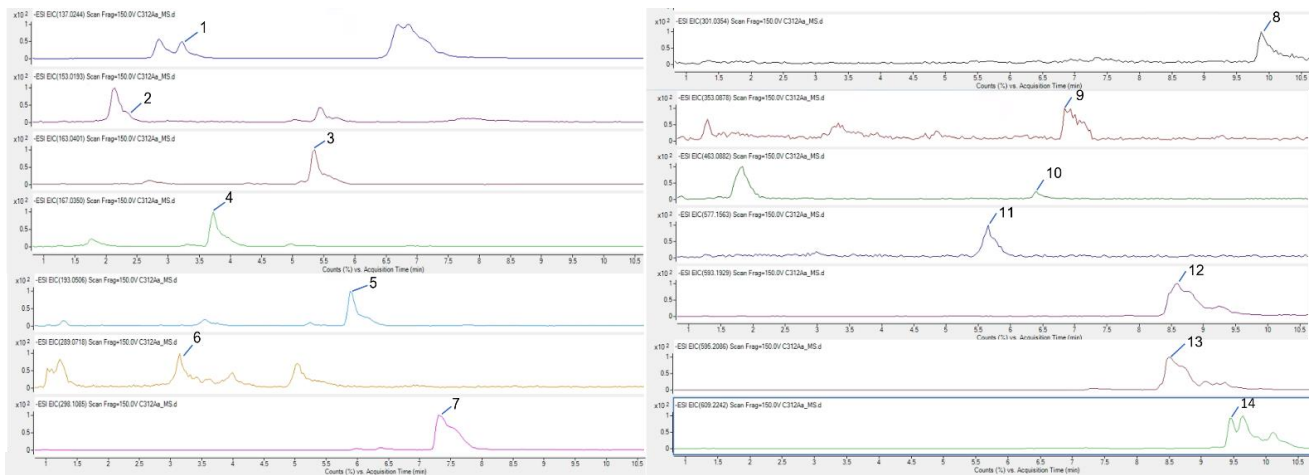
(όπου, a<b<c<d<e<f<g<h<i<j)

4.6. Αποτελέσματα υγρής χρωματογραφίας -φασματομετρία μάζας (Q-TOF LC-MS)

Έπειτα από την ανάλυση των χρωματογραφημάτων, των πειραματικών αποτελεσμάτων, με σκοπό την ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων στα δείγματα, με τη χρήση υγρής χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματομετρία μάζας ταυτοποιήθηκαν συνολικά 14 ενώσεις (Πίνακας 4.10). Πέντε (5) από αυτές τις ενώσεις βρέθηκαν και στο άλευρο σίτου καθώς και στο τσουρέκι ελέγχου. Συγκεκριμένα οι ενώσεις που ανιχνεύτηκαν ήταν το 4-υδροξυβενζοϊκό οξύ, η (-)-κατεχίνη, το βανιλλικό οξύ, το π-κουμαρικό οξύ και το φερουλικό οξύ, οι οποίες υπήρχαν επίσης και στο άλευρο κάνναβης και σε όλα τα δείγματα που παρασκευάστηκαν από αυτό, δηλαδή στα τσουρέκια με 10, 30 και 50 % υποκατάστασης με άλευρο κάνναβης. Επίσης οι υπόλοιπες ενώσεις που βρέθηκαν στο άλευρο κάνναβης, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.10, ανιχνεύτηκαν και στα δείγματα με ποσοστό 10, 30 και 50 % υποκατάστασης με άλευρο κάνναβης, εκτός από το χλωρογενικό οξύ (chlorogenic acid), το οποίο δεν ανιχνεύτηκε στο δείγμα με ποσοστό υποκατάστασης 10 %. Συνολικά βρέθηκαν οι παρακάτω φαινολικές ενώσεις, οι οποίες αναφέρονται ανά κατηγορία:

- **Φαινολικά οξέα:** χλωρογενικό οξύ (chlorogenic acid), π-κουμαρικό οξύ (p-coumaric acid), φερουλικό οξύ (ferulic acid), πρωτοκατεχικό οξύ (protocatechuic acid), 4-υδροξυβενζοϊκό οξύ (4-hydroxybenzoic acid), βανιλλικό οξύ (vanillic acid)
- **Λιγναναμίδες:** κανναβισίνη Α (cannabisin A), κανναβισίνη Β (cannabisin B), κανναβισίνη Γ (cannabisin C)
- **Φαινολικά αμίδια:** ν-καφεϋλοτυραμίνη (n-caffeoyltyramine)
- **Φλαβονόλες:** κερκετίνη (quercetin), κερκετίνη 3-γαλακτοσίδη (υπεροσίδη) (quercetin 3-galactoside (hyperoside))
- **Φλαβανόλες:** (-)-κατεχίνη ((-)-catechin)
- **Φλαβόνες:** βιτεξίνη 2"-Ο-ραμνοσίδη (vitexin 2"-O-rhamnoside)

Το ολικό φαινολικό περιεχόμενο αυξήθηκε στα τσουρέκια με τον εμπλουτισμό του αλεύρου σίτου με άλευρο κάνναβης. Υπήρξαν τόσο ποσοτικές αλλαγές όσο και ποιοτικές. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και στην έρευνα τους σε ψωμιά εμπλουτισμένα με άλευρο κάνναβης, σε ποσοστά υποκατάστασης 15, 30 και 50%, οι Mikulec et al., (2019). Στην παρούσα έρευνα όλα τα δείγματα παρασκευάστηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες και μελετήθηκαν τα κλιβανισμένα αρτοσκευάσματα. Ωστόσο, η θερμική επεξεργασία μπορεί να απελευθερώσει ορισμένες φαινολικές ενώσεις οι οποίες δεν απελευθερώθηκαν από τη συμβατική αλκαλική υδρόλυση (Tian et al., 2021). Σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να συμβούν αλλαγές στις πολυφαινόλες, για παράδειγμα, σε αλκαλικό ή ουδέτερο περιβάλλον, η κατεχίνη μπορεί να ισομεριστεί σε επικατεχίνη (Mikulec et al., 2019).



Εικόνα 4.1 Χρωματογραφήματα εξαγόμενων ιόντων των ταυτοποιημένων ενώσεων. Οι αριθμοί αντιστοιχούν στις ενώσεις του Πίνακα 3.10.

Οι φλαβόνες και φλαβονόλες της κάνναβης έχουν αρκετές βιολογικές επιδράσεις. Είναι αντιφλεγμονώδη, αντικαρκινικά και έχουν νευροπροστατευτικές ιδιότητες (Siano et al., 2019). Η μέση ημερήσια πρόσληψη φλαβονολών και φλαβονών έχει υπολογιστεί ότι είναι 20-22 mg/ημέρα στις ΗΠΑ. Έρευνες έδειξαν πως η καθημερινή κατανάλωση 400-600 mg κατεχίνης μπορεί να είναι πολύ ωφέλιμο για την υγεία των ενηλίκων. Ακόμα η κερκετίνη είναι ένα γνωστό αντιοξειδωτικό συστατικό που έχει και καρδιοπροστατευτικά οφέλη και υπογλυκαιμικές επιδράσεις (Gao et al., 2022). Αρκετά λιγναμιδία, απλά ή σύνθετα, είναι από τα πιο άφθονα φαινολικά των σπόρων και της ελαιόπιτας κάνναβης και έχουν βιοδραστικές ιδιότητες (Siano et al., 2019). Οι ιδιότητες αυτές είναι αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντυπερλιπιδαιμικές, τις οποίες έχουν και τα φαινολικά αμιδία (Izzo et al., 2020). Επίσης τα φαινολικά αμιδία έχουν αντινεοπλασματική, καρδιαγγειακή και ήπια αναλγητική δράση (Flores-Sanchez & Verpoorte, 2008).

Πίνακας 4.10 Χρωματογραφικές και φασματομετρικές παράμετροι για τις αναλυόμενες ουσίες που ερευνήθηκαν

EIC No. ¹	Ένωση	Μοριακός τύπος	rt ² (min)	Θεωρητική μάζα (m/z) [M-H] ⁻	Παρατηρούμενη μάζα (m/z) [M-H] ⁻	Σφάλμα μάζας (ppm)	HF ³	C50 ⁴	C30 ⁵	C10 ⁶	C0 ⁷	WF ⁸
2	Πρωτοκατεχικό οξύ	C ₇ H ₆ O ₄	2,38	153,0193	153,0199	3,92	+	+	+	+	-	-
1	4-υδροξυβενζοϊκό οξύ	C ₇ H ₆ O ₃	3,42	137,0244	137,0242	1,46	+	+	+	+	+	+
6	(-)-κατεχίνη	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	3,15	289,0718	289,0709	3,11	+	+	+	+	+	+
9	Χλωρογενικό οξύ	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	3,32	353,0878	353,0861	4,81	+	+	+	-	-	-
4	Βανιλλικό οξύ	C ₈ H ₈ O ₄	4,03	167,0350	167,0344	3,59	+	+	+	+	+	+
3	π-κουμαρικό οξύ	C ₉ H ₈ O ₃	5,55	163,0401	163,0399	1,23	+	+	+	+	+	+
5	Φερουλικό οξύ	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	6,09	193,0506	193,0501	2,59	+	+	+	+	+	+
11	Βιτεξίνη 2"-Ο-ραμνοσίδη	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₄	5,66	577,1563	577,1559	0,69	+	+	+	+	-	-
10	Κερκετίνη 3-γαλακτοσίδη	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₂	6,40	463,0882	463,0884	0,43	+	+	+	+	-	-
8	Κερκετίνη	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	9,88	301,0354	301,0350	1,33	+	+	+	+	-	-
7	ν-καφεΐλοτυραμίνη	C ₁₇ H ₁₇ NO ₄	7,38	298,1085	298,1080	1,68	+	+	+	+	-	-
12	Κανναβισίνη Α	C ₃₄ H ₃₀ N ₂ O ₈	8,60	593,1929	593,1910	3,20	+	+	+	+	-	-
13	Κανναβισίνη Β	C ₃₄ H ₃₂ N ₂ O ₈	8,49	595,2086	595,2071	2,52	+	+	+	+	-	-
14	Κανναβισίνη Γ	C ₃₅ H ₃₄ N ₂ O ₈	9,44	609,2242	609,2229	2,13	+	+	+	+	-	-

¹EIC No.: Ο αριθμός που αντιστοιχεί στην Εικόνα 3.1 με τα χρωματογραφήματα εξαγόμενων ιόντων των ενώσεων, ²rt: χρόνος κατακράτησης, ³HF: άλευρο κάνναβης, ⁴C50: τσουρέκι με υποκατάσταση 50% άλευρου κάνναβης, ⁵C30: τσουρέκι με υποκατάσταση 30% άλευρου κάνναβης, ⁶C10: τσουρέκι με υποκατάσταση 10% άλευρου κάνναβης, ⁷C0: τσουρέκι χωρίς άλευρο κάνναβης, ⁸WF: άλευρο σίτου

4.7. Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας

Προσδιορίστηκαν τα γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των τσουρεκιών εξωτερικά καθώς και στις φέτες τους. Συγκεκριμένα στις φέτες προσδιορίστηκε το πορώδες των τσουρεκιών ως προς την επιφάνεια του 'Area' (mm²) και τη στρογγυλότητα των πόρων 'Roundness'. Ακόμα υπολογίστηκε η συνολική επιφάνεια της ψίχας 'Area all' (mm²), η ετερογένεια της 'Heterogeneity', η πυκνότητα της 'Density', ο αριθμός των αντικειμένων στο εμβαδό 'OBJnum' (cm) και η αναλογία του συνολικού εμβαδού αντικειμένων προς το συνολικό εμβαδό της ψίχας 'PERarea' (%). Από την εικόνα του εξωτερικού τσουρεκιού προσδιορίστηκαν οι γεωμετρικές του ιδιότητες, όπως η επιφάνεια 'Area' (mm²), η περίμετρος 'Perimeter' (mm), το ύψος 'Height' (mm), το πλάτος 'Width' (mm) και το μήκος 'Length' (mm).

Πίνακας 4.11 Αποτελέσματα πορώδους από ανάλυση εικόνας για φέτες τσουρεκιών

C%	Χρόνος (ημέρες)	Πορώδες	
		Επιφάνεια (mm ²)	Στρογγυλότητα
C10	0	0,107±2,611 ^a	1,751±2,746 ^b
C10	1	0,11±2,614 ^a	1,849±2,972 ^b
C10	4	0,11±3,539 ^a	1,826±3,435 ^b
C10	7	0,111±3,049 ^a	1,777±2,124 ^b
C10	10	0,115±4,784 ^a	1,716±3,11 ^b
C10	14	0,11±5,213 ^a	1,901±4,997 ^b
C30	0	0,115±3,455 ^a	1,763±3,254 ^b
C30	1	0,114±3,643 ^a	1,838±3,515 ^b
C30	4	0,11±1,898 ^a	1,765±1,775 ^b
C30	7	0,11±2,558 ^a	1,804±2,317 ^b
C30	10	0,11±2,809 ^a	1,835±2,454 ^b
C30	14	0,109±2,467 ^a	1,813±2,62 ^b
C50	0	0,119±2,772 ^b	1,76±2,43 ^a
C50	1	0,122±1,925 ^b	1,708±1,889 ^a
C50	4	0,12±1,965 ^b	1,719±1,646 ^a
C50	7	0,117±2,417 ^b	1,727±1,912 ^a
C50	10	0,119±2,241 ^b	1,702±1,733 ^a
C50	14	0,119±2,296 ^b	1,713±1,773 ^a

C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των εικόνων των δειγμάτων για τις φέτες φαίνονται στους Πίνακες 4.11 και 4.12. Το πορώδες στις φέτες των τσουρεκιών δεν έχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων 10 και 30 % υποκατάστασης, όσον αφορά την επιφάνεια τους και την στρογγυλότητα των πόρων. Όμως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά αυτών σε σύγκριση με το δείγμα 50 %. Η επιφάνεια των πόρων

αυξήθηκε με την προσθήκη επιπλέον αλεύρου κάνναβης, ενώ η στρογγυλότητα των πόρων μειώθηκε. Η αποθήκευση δεν επηρέασε αυτές τις παραμέτρους.

Η συνολική επιφάνεια της ψίχας στις φέτες των δειγμάτων μειώθηκε με την αύξηση της προσθήκης του αλεύρου κάνναβης στα τσουρέκια, με τα δείγματα 30 και 50 % υποκατάστασης να μην έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους και τα δείγματα με 10 % υποκατάστασης με άλευρο κάνναβης έχουν το μεγαλύτερο μέσο όρο τιμών. Η συνολική επιφάνεια της ψίχας δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά με την αποθήκευση των τσουρεκιών.

Πίνακας 4.12 Γεωμετρικά και μορφολογικά αποτελέσματα από ανάλυση εικόνας για φέτες τσουρεκιών

C%	Χρόνος (ημέρες)	Φέτες				
		Συνολική επιφάνεια (mm ²)	Ετερογένεια	Πυκνότητα	OBJnum (cm)	PERarea (%)
C10	0	5861,68±141,845 ^b	0,411±0,018 ^a	80,04±2,945 ^c	38,01±5,745 ^a	0,334±0,159 ^b
C10	1	5481,577±52,587 ^b	0,457±0,021 ^a	83,449±2,99 ^c	46,659±1,06 ^a	0,328±0,067 ^b
C10	4	6155,72±99,106 ^b	0,439±0,023 ^a	85,955±4,743 ^c	39,287±5,382 ^a	0,329±0,006 ^b
C10	7	6394,886±111,468 ^b	0,487±0,02 ^a	90,19±1,888 ^c	36,936±9,659 ^a	0,266±0,112 ^b
C10	10	7330,078±205,699 ^b	0,478±0,02 ^a	92,01±3,12 ^c	35,847±2,268 ^a	0,349±0,06 ^b
C10	14	5524,402±124,78 ^b	0,447±0,026 ^a	81,984±2,296 ^c	41,171±3,111 ^a	0,42±0,018 ^b
C30	0	5717,324±214,381 ^a	0,314±0,023 ^b	56,475±1,455 ^b	42,594±0,364 ^b	0,371±0,007 ^b
C30	1	4775,902±81,092 ^a	0,346±0,03 ^b	54,038±2,337 ^b	44,265±7,703 ^b	0,359±0,061 ^b
C30	4	5277,649±141,769 ^a	0,409±0,041 ^b	59,293±3,045 ^b	46,912±0,378 ^b	0,261±0,011 ^b
C30	7	4940,436±86,059 ^a	0,422±0,051 ^b	58,367±4,98 ^b	45,337±0,625 ^b	0,286±0,027 ^b
C30	10	5449,456±103,411 ^a	0,437±0,04 ^b	61,073±4,511 ^b	43,901±0,148 ^b	0,294±0,011 ^b
C30	14	5579,903±33,292 ^a	0,472±0,024 ^b	67,57±2,98 ^b	43,265±0,225 ^b	0,295±0,009 ^b
C50	0	5220,734±162,001 ^a	0,346±0,028 ^c	49,003±2,135 ^a	38,597±1,022 ^a	0,291±0,033 ^a
C50	1	5675,839±98,012 ^a	0,287±0,038 ^c	45,323±3,048 ^a	41,166±1,342 ^a	0,278±0,005 ^a
C50	4	4970,504±72,293 ^a	0,383±0,026 ^c	50,793±2,758 ^a	37,33±1,043 ^a	0,227±0,02 ^a
C50	7	5260,812±54,155 ^a	0,374±0,03 ^c	50,875±3,415 ^a	38,279±0,497 ^a	0,249±0,024 ^a
C50	10	5083,419±66,17 ^a	0,382±0,036 ^c	50,749±3,347 ^a	37,707±0,752 ^a	0,244±0,021 ^a
C50	14	5038,488±83,864 ^a	0,414±0,036 ^c	51,558±3,807 ^a	37,028±2,124 ^a	0,247±0,02 ^a

C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

Η ετερογένεια στις φέτες των αρτοσκευασμάτων δεν είχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ συγκέντρωσης αλεύρου κάνναβης και χρόνου αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.12. Σχετικά με τη συγκέντρωση του αλεύρου κάνναβης φάνηκε να αυξάνεται και η ετερογένεια όσο αυξανόταν το ποσοστό αυτού στα δείγματα, ενώ συγκριτικά με το χρόνο αποθήκευσης υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση μετά τη 1^η ημέρα αποθήκευσης, δηλαδή στην 4^η ημέρα και μετά. Παρομοίως και οι μέσοι όροι των μετρήσεων για την πυκνότητα της ψίχας των τσουρεκιών δεν είχαν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου αποθήκευσης και ποσοστού συγκέντρωσης

αλεύρου κάρναβης. Η πυκνότητα της ψίχας μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της προσθήκης του αλεύρου κάρναβης, ενώ αυξανόταν με την πάροδο της αποθήκευσης. Αυτή η μείωση της πυκνότητας με την προσθήκη επιπλέον αλεύρου κάρναβης θα μπορούσε να συσχετιστεί και με την αυξημένη σκληρότητα και μασητικότητα των προϊόντων αυτών (Hayward & McSweeney, 2020).

Ο αριθμός αντικειμένων για μια περιοχή εμβαδού (OBJnum) δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων 10 και 50 % ποσοστού υποκατάστασης, σημαντική αύξηση συγκριτικά με αυτά είχαν τα τσουρέκια με 30% υποκατάσταση. Επίσης η αναλογία του συνολικού εμβαδού αντικειμένων προς το συνολικό εμβαδόν της ψίχας (PERarea%) μειώθηκε με την προσθήκη αλεύρου κάρναβης σε ποσοστό 50%.

Πίνακας 4.13 Εξωτερικά γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά τσουρεκιών

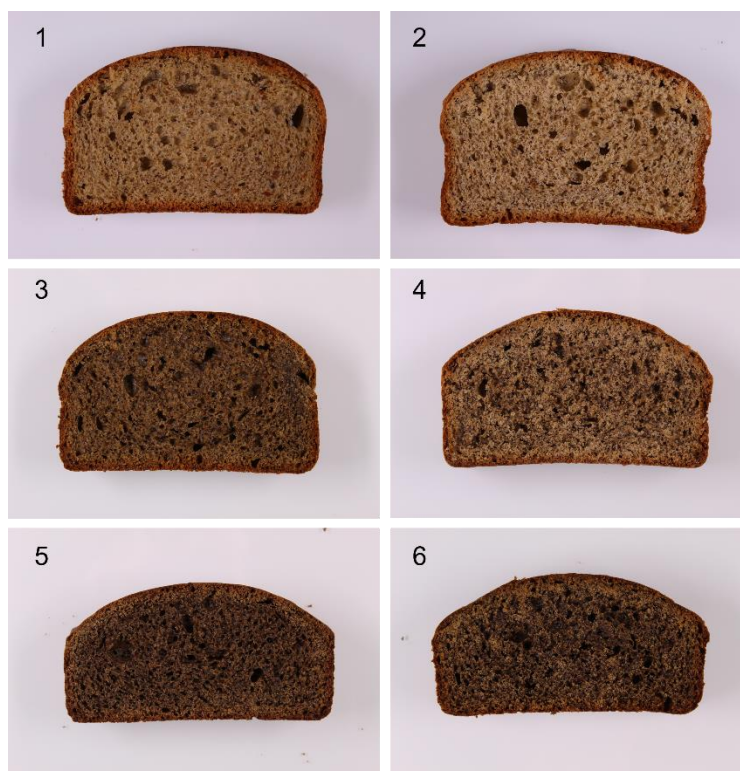
C%	Χρόνος (ημέρες)	Επιφάνεια (mm ²)	Περίμετρος (mm)	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Ύψος (mm)
C10	0	26246,445±2685,726 ^a	774,529±20,265 ^b	294,258±9,613 ^a	99,53±3,623 ^a	74,288±3,339 ^c
C10	1	21454,275±4372,246 ^a	847,625±10,215 ^b	281,746±0,522 ^a	99,136±0,046 ^a	72,348±0,978 ^c
C10	4	28420,375±306,807 ^a	788,453±2,355 ^b	302,401±0,001 ^a	102,585±0,679 ^a	75,24±0,182 ^c
C10	7	27887,155±4798,151 ^a	777,204±51,849 ^b	298,162±20,268 ^a	102,007±6,1 ^a	77,753±8,191 ^c
C10	10	29392,305±472,213 ^a	812,807±13,216 ^b	312,029±1,394 ^a	106,025±1,27 ^a	81,035±1,408 ^c
C10	14	29184,295±764,192 ^a	789,627±15,458 ^b	303±4,378 ^a	103,177±2,205 ^a	77,989±2,913 ^c
C30	0	28207,98±393,816 ^a	789,154±1,171 ^b	302,507±0,071 ^a	103,287±0,278 ^a	70,633±2,098 ^b
C30	1	25110,48±4509,418 ^a	731,87±67,123 ^a	282,96±28,07 ^a	95,738±8,36 ^a	60,571±6,391 ^b
C30	4	27445,185±2246,301 ^a	756,249±2,106 ^a	289,725±1,002 ^a	98,815±0,52 ^a	65,426±0,924 ^b
C30	7	26071,775±2082,536 ^a	777,972±10,197 ^a	287,615±15,227 ^a	98,905±3,819 ^a	62,546±2,386 ^b
C30	10	27683,015±313,015 ^a	770,8±0,882 ^a	295,86±0,013 ^a	99,766±0,313 ^a	66,621±0,645 ^b
C30	14	30316,465±526,787 ^a	796,238±8,881 ^a	305,51±2,202 ^a	104,807±1,858 ^a	67,832±4,13 ^b
C50	0	28931,385±20,739 ^b	788,708±1,987 ^b	301,418±0,777 ^a	101,601±0,304 ^a	63,394±0,86 ^a
C50	1	29678,975±211,05 ^b	796,048±2,456 ^b	306,523±0,647 ^a	103,673±0,775 ^a	63,731±0,258 ^a
C50	4	29128,085±133,679 ^b	785,007±0,181 ^b	302,891±0,03 ^a	101,996±0,377 ^a	59,699±2,881 ^a
C50	7	29811,81±77,626 ^b	789,234±5,199 ^b	303,595±1,946 ^a	103,005±0,699 ^a	61,99±1,675 ^a
C50	10	30082,31±316,883 ^b	786,109±4,642 ^b	303,597±0,561 ^a	102,637±0,702 ^a	60,959±1,446 ^a
C50	14	29849,87±49,908 ^b	792,159±11,726 ^b	303,15±1,14 ^a	102,651±0,422 ^a	60,216±1,264 ^a

C10: 10% υποκατάσταση, C30: 30% υποκατάσταση, C50: 50% υποκατάσταση (μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση). Μέσες τιμές με ίδιο γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$).

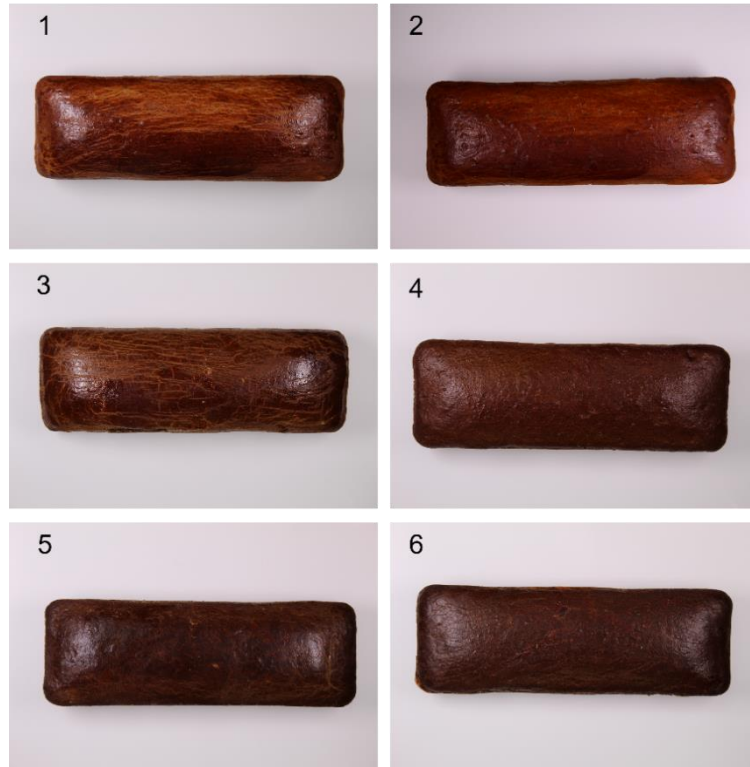
Τα αποτελέσματα της ανάλυσης εικόνας για το εξωτερικό μέρος των τσουρεκιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.13. Η επιφάνεια των αρτοσκευασμάτων αυξήθηκε σημαντικά με την προσθήκη 50 % αλεύρου κάρναβης. Κατά την αποθήκευση των τσουρεκιών φάνηκε μια μικρή αύξηση του με την πάροδο των ημερών. Η περίμετρος των τσουρεκιών επηρεάστηκε μόνο από το ποσοστό προσθήκης αλεύρου κάρναβης και όχι από την παλαιώση τους. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση της περιμέτρου

για τα τσουρέκια με 30 % υποκατάσταση, σε σύγκριση με τα δείγματα τσουρεκιών 10 και 50 % υποκατάστασης τα οποία δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

Το μήκος και το πλάτος των αρτοσκευασμάτων δεν παρουσίασαν καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων. Επομένως δεν επηρεάστηκε ούτε από τη συγκέντρωση του αλεύρου κάνναβης στα δείγματα αλλά ούτε και από το χρόνο αποθήκευσης τους, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.13. Το ύψος των τσουρεκιών, παρόλα αυτά, επηρεάστηκε από την αύξηση της συγκέντρωση του αλεύρου κάνναβης στα δείγματα καθώς μειώθηκε στατιστικά σημαντικά με την αύξηση της. Αυτό μπορεί να οφείλεται και στον όγκο του τσουρεκιού, όσο αυξάνεται η προσθήκη αλεύρου κάνναβης στα αρτοσκευάσματα τόσο μικραίνει και ο όγκος τους (Kowalska et al., 2021).



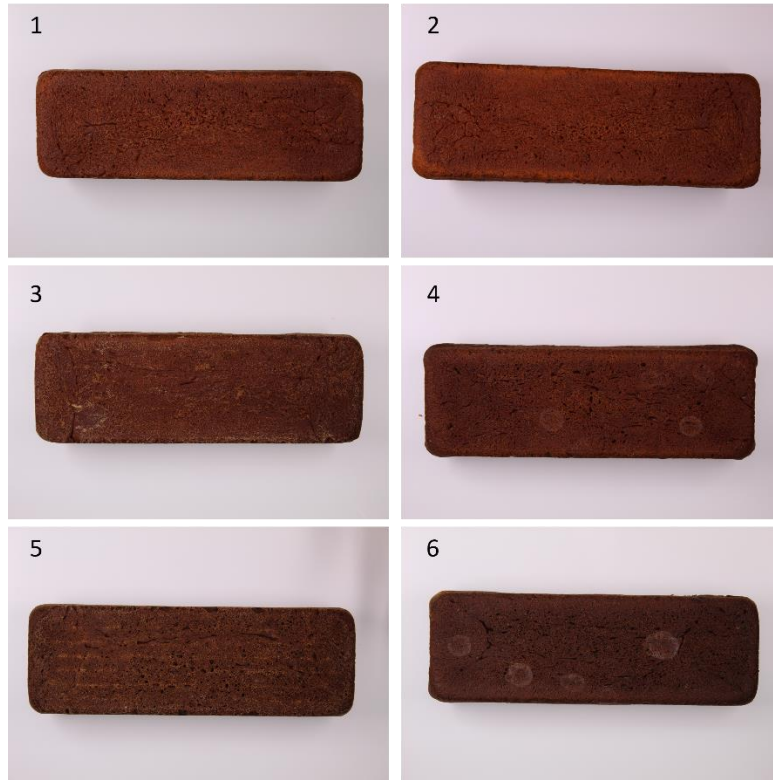
Εικόνα 4.2 Φέτες των δειγμάτων τσουρεκιών με διαφορετικές υποκαταστάσεις, την ημέρα παρασκευής (αριστερά) και την 14^η ημέρα μετά την αποθήκευση (δεξιά) (1,2-10% υποκατάσταση, 3,4-30% υποκατάσταση, 5-6-50% υποκατάσταση)



Εικόνα 4.3 Επάνω όψη των τσουρεκιών με διαφορετικές υποκαταστάσεις, την ημέρα παρασκευής (αριστερά) και την 14^η ημέρα (δεξιά) (1,2-10% υποκατάσταση, 3,4-30% υποκατάσταση, 5-6-50% υποκατάσταση)



Εικόνα 4.4 Πλαϊνή όψη των τσουρεκιών με διαφορετικές υποκαταστάσεις, την ημέρα παρασκευής (αριστερά) και την 14^η ημέρα (δεξιά) (1,2-10% υποκατάσταση, 3,4-30% υποκατάσταση, 5-6-50% υποκατάσταση)



Εικόνα 4.5 Κάτω όψη των τσουρεκιών με διαφορετικές υποκαταστάσεις, την ημέρα παρασκευής (αριστερά) και την 14^η ημέρα (δεξιά) (1,2-10% υποκατάσταση, 3,4-30% υποκατάσταση, 5-6-50% υποκατάσταση)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο εμπλουτισμός των τροφίμων με καινούργιες πρώτες ύλες προσελκύει το ενδιαφέρον των βιομηχανιών τροφίμων τόσο για τη δημιουργία καινοτόμων προϊόντων όσο και για την ενίσχυση της θρεπτικής τους αξίας. Στην παρούσα εργασία το άλευρο κάνναβης χρησιμοποιήθηκε για τον εμπλουτισμό παραδοσιακών τσουρεκιών και αποδείχθηκε ότι συμβάλει στην αύξηση της θρεπτικής τους αξίας όσο αυξάνεται και το ποσοστό αλεύρου κάνναβης σε αυτά, καθώς αυξήθηκε το ολικό φαινολικό περιεχόμενο, το οποίο παρέμεινε σταθερό ή αυξήθηκε κατά την αποθήκευση τους και αυξήθηκε επίσης και η αντιοξειδωτική τους δράση. Από τη ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων παρατηρήθηκε πως οι ενώσεις που βρέθηκαν στο άλευρο σίτου, καθώς και στο δείγμα αυτού, βρέθηκαν και στο άλευρο κάνναβης και στα δείγματα που παρασκευάστηκαν από αυτό. Ταυτοποιήθηκαν επιπλέον εννέα ενώσεις στο άλευρο κάνναβης, όπου οι οχτώ ανιχνεύτηκαν και στα δείγματα 10, 30 και 50 % υποκατάστασης με άλευρο κάνναβης. Όσον αφορά την οξείδωση των λιπιδίων το τσουρέκι ελέγχου και το τσουρέκι με 10 % υποκατάσταση δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά, αυξήθηκε όμως στα δείγματα 30 και 50 %. Η οξειδωτική τάγγιση έδειξε αυξομειώσεις στις ημέρες αποθήκευσης.

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των αρτοσκευασμάτων, η περιεχόμενη υγρασία και η ενεργότητα ύδατος, μειώθηκαν με την αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης και με την πάροδο της αποθήκευσης. Ωστόσο η απώλεια κατά τον κλιβανισμό δεν μεταβλήθηκε. Οι δομικές ιδιότητες των τσουρεκιών επηρεάστηκαν με την αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης. Τόσο ο ειδικός όγκος του κλιβανισμένου τσουρεκιού όσο και ο ειδικός όγκος των τσουρεκιών μετά την αποθήκευση μειώθηκαν, με το τελευταίο να μην επηρεάζεται από το χρόνο αποθήκευσης. Η εκατοστιαία αλλαγή βάρους αυξήθηκε με την αποθήκευση και μειώθηκε με την προσθήκη 50 % αλεύρου κάνναβης στα προϊόντα. Η υφή των τσουρεκιών δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του τσουρεκιού ελέγχου και του τσουρεκιού 10 % υποκατάστασης σε σκληρότητα, συνεκτικότητα και ελαστικότητα. Παρατηρήθηκε αύξηση της σκληρότητας, κολλητικότητας και μασητικότητας με την αύξηση του αλεύρου κάνναβης στα τσουρέκια, καθώς και αύξηση των παραμέτρων αυτών κατά την αποθήκευση τους και μείωση στη συνεκτικότητα και την ελαστικότητα με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Η συνεκτικότητα μειώθηκε με την αποθήκευση ενώ η ελαστικότητα είχε την υψηλότερη τιμή την ημέρα παραγωγής και δεν επηρεάστηκε από την αποθήκευση.

Το πορώδες των τσουρεκιών αυξήθηκε με την αύξηση την περιεκτικότητας των τσουρεκιών σε αλεύρι κάνναβης, ενώ η στρογγυλότητα τους μειώθηκε. Η συνολική

επιφάνεια ψίχας στις φέτες των τσουρεκιών μειώθηκε με την αύξηση του αλεύρου κάνναβης και αυξήθηκε η ετερογένεια της. Η πυκνότητα στις φέτες των τσουρεκιών μειώθηκε με την αύξηση του αλεύρου κάνναβης στα δείγματα και αυξήθηκε με την αποθήκευση. Το μήκος και το πλάτος των τσουρεκιών δεν επηρεάστηκε από την προσθήκη αλεύρου κάνναβης, επηρεάστηκε όμως το ύψος το οποίο μειώθηκε.

Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως ο εμπλουτισμός των τσουρεκιών με άλευρο κάνναβης επέφερε αλλαγές στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος, κυρίως με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης αλεύρου κάνναβης 30% και πάνω και πως ενίσχυσε την θρεπτική τους αξία.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα:

- Μελέτη κατάλληλης συσκευασίας με τροποποιημένη ατμόσφαιρα για τα προϊόντα τσουρεκιού με άλευρο κάνναβης για την καλύτερη διατηρησιμότητα τους στο ράφι.
- Υπολογισμός θρεπτικών συστατικών των εμπλουτισμένων τσουρεκιών με άλευρο κάνναβης και διατροφική τους αξία.
- Προσδιορισμός του χαρακτήρα των φαινολικών ενώσεων του αλεύρου κάνναβης για την υγεία του καταναλωτή και ποσοτικοποίηση κάθε ένωσης.
- Οργανοληπτικός έλεγχος προϊόντων πλούσιου ζυμαριού εμπλουτισμένων με αλεύρι κάνναβης μετά από αποθήκευση, με σκοπό την εξέταση της αποδοχής τους από τους καταναλωτές.
- Μελέτη της επίδρασης της αποθήκευσης σε χορτοφαγικά προϊόντα πλούσιου ζυμαριού.
- Παραγωγή και μελέτη καινοτόμων προϊόντων πλούσιου ζυμαριού με άλευρο κάνναβης.
- Μελέτη ρεολογίας πλούσιου ζυμαριού εμπλουτισμένο με άλευρο κάνναβης.
- Μελέτη κατεψυγμένου ζυμαριού εμπλουτισμένο με άλευρο κάνναβης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmed, A. T. M. F., Islam, M. Z., Mahmud, M. S., Sarker, M. E., & Islam, M. R. (2022). Hemp as a potential raw material toward a sustainable world: A review. In *Heliyon* (Vol. 8, Issue 1). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08753>
- Andreou, V., Strati, I. F., Fotakis, C., Liouni, M., Zoumpoulakis, P., & Sinanoglou, V. J. (2018). Herbal distillates: A new era of grape marc distillates with enriched antioxidant profile. *Food Chemistry*, 253, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.162>
- Apostol, L., Popa, M., & Mustatea, G. (2015). Cannabis sativa L partially skimmed flour as source of bio-compounds in the bakery industry. In *Romanian Biotechnological Letters* (Vol. 20, Issue 5).
- Babiker, E. E., Uslu, N., al Juhaimi, F., Mohamed Ahmed, I. A., Ghafoor, K., Özcan, M. M., & Almusallam, I. A. (2021). Effect of roasting on antioxidative properties, polyphenol profile and fatty acids composition of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *LWT*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110537>
- Benvenuto, E., Misra, B. B., Stehle, F., Andre, C. M., Hausman, J.-F., & Guerriero, G. (2016). *Cannabis sativa: The Plant of the Thousand and One Molecules*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>
- Blasi, F., Tringaniello, C., Verducci, G., & Cossignani, L. (2022). Bioactive minor components of Italian and Extra-European hemp seed oils. *LWT*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113167>
- Callaway, J. C. (2002). Hemp as food at high latitudes. *Journal of Industrial Hemp*, 7(1), 105–117. https://doi.org/10.1300/J237v07n01_09
- Callaway, J. C. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. In *Euphytica* (Vol. 140). Kluwer Academic Publishers.
- Calzolari, D., Rocchetti, G., Lucini, L., & Amaducci, S. (2021). The variety, terroir, and harvest types affect the yield and the phenolic and sterolic profiles of hemp seed oil. *Food Research International*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110212>

- Carmen Liliana, B., Livia, A., & Laura, M. (2018). Effects of Hemp Flour, Seeds And Oil Additions on Bread Quality. *Journal of Engineering Research and Application* *Www.Ijera.Com*, 8, 73–78. <https://doi.org/10.9790/9622-0805037378>
- Drinić, Z., Vladic, J., Koren, A., Zeremski, T., Stojanov, N., Tomić, M., & Vidović, S. (2021). Application of conventional and high-pressure extraction techniques for the isolation of bioactive compounds from the aerial part of hemp (*Cannabis sativa* L.) assortment Helena. *Industrial Crops and Products*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113908>
- EIHA European Industrial Hemp Association. (2020, April). *The-Hemp-Manifesto_EN*.
- Fathordoobady, F., Singh, A., Kitts, D. D., & Pratap Singh, A. (2019). Hemp (*Cannabis Sativa* L.) Extract: Anti-Microbial Properties, Methods of Extraction, and Potential Oral Delivery. In *Food Reviews International* (Vol. 35, Issue 7, pp. 664–684). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600539>
- Flores-Sanchez, I. J., & Verpoorte, R. (2008). Secondary metabolism in cannabis. *Phytochemistry Reviews*, 7(3), 615–639. <https://doi.org/10.1007/s11101-008-9094-4>
- Gao, J., Koh, A. H. S., & Zhou, W. (2022). Enhancing health benefits of bakery products using phytochemicals. In *Advances in Food and Nutrition Research*. Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.12.002>
- Giannakourou, M. C., Poulis, S., Konteles, S. J., Dipla, A., Lougovois, V. P., Kyra, V., Proestos, C., & Sinanoglou, V. J. (2021). Combined effect of impregnation with an *origanum vulgare* infusion and osmotic treatment on the shelf life and quality of chilled chicken fillets. *Molecules*, 26(9). <https://doi.org/10.3390/molecules26092727>
- Giménez-Bastida, J. A., Piskula, M. K., & Zieliński, H. (2015). Recent advances in processing and development of Buckwheat derived bakery and non-bakery products - A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 65(1), 9–20. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0005>
- Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003). Bread Staling: Molecular Basis and Control. In *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY* (Vol. 2).
- Hayward, L., & McSweeney, M. B. (2020). Acceptability of bread made with hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour evaluated fresh and following a partial bake

- method. *Journal of Food Science*, 85(9), 2915–2922. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15372>
- Hřivna, L., Sottnikova, V., Mrkvicova, E., & Vyhnánek, T. (2016). *USE OF HEMP RAW MATERIALS IN COMMON BAKERY PRODUCT RECIPES Molecular biological detection of contamination in spices View project Hemp (Cannabis) and its use View project*. <https://www.researchgate.net/publication/309772833>
- Hrušková, M., & Švec, I. (2015). Cookie making potential of composite flour containing wheat, barley and hemp. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(6), 545–555. <https://doi.org/10.17221/9/2015-CJFS>
- Hrušková, M., Švec, I., & Jurinová, I. (2013). Changes in baking quality of composite wheat/hemp flour detected by means of mixolab. *Cereal Research Communications*, 41(1), 150–159. <https://doi.org/10.1556/CRC.2012.0033>
- Isidore, E., Karim, H., & Ioannou, I. (2021). Extraction of phenolic compounds and terpenes from cannabis sativa L. By-products: From conventional to intensified processes. In *Antioxidants* (Vol. 10, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/antiox10060942>
- Izzo, L., Castaldo, L., Narváez, A., Graziani, G., Gaspari, A., Rodríguez-Carrasco, Y., & Ritieni, A. (2020). Analysis of Phenolic Compounds in Commercial Cannabis sativa L. Inflorescences using UHPLC-Q-Orbitrap HRMs. *Molecules*, 25(3). <https://doi.org/10.3390/molecules25030631>
- Kandrokov, R. K., Labutina, N. v., Begeulov, M. S., Taranova, E. S., & Bykov, A. v. (2021). Technological properties of triticale-hemp flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022035>
- Kowalska, M., Michalski, Ł., Kiraga, A., & Żbikowska, A. (2021). Changing the profile of sponge cakes by introducing to the recipe different type of flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15207>
- Lantzouraki, D. Z., Sinanoglou, V. J., Zoumpoulakis, P., & Proestos, C. (2016). Comparison of the Antioxidant and Antiradical Activity of Pomegranate (*Punica granatum* L.) by Ultrasound-Assisted and Classical Extraction. *Analytical Letters*, 49(7), 969–978. <https://doi.org/10.1080/00032719.2015.1038550>

- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., & Fang, Z. (2020). Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 282–308. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12517>
- Liu, Y., Liu, H. Y., Li, S. H., Ma, W., Wu, D. T., Li, H. bin, Xiao, A. P., Liu, L. L., Zhu, F., & Gan, R. Y. (2022). Cannabis sativa bioactive compounds and their extraction, separation, purification, and identification technologies: An updated review. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 149). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116554>
- Mikulec, A., Kowalski, S., Sabat, R., Skoczylas, Ł., Tabaszewska, M., & Wywrocka-Gurgul, A. (2019). Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. *LWT*, 102, 164–172. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.12.028>
- Pap, N., Hamberg, L., Pihlava, J. M., Hellström, J., Mattila, P., Euroola, M., & Pihlanto, A. (2020). Impact of enzymatic hydrolysis on the nutrients, phytochemicals and sensory properties of oil hemp seed cake (*Cannabis sativa* L. FINOLA variety). *Food Chemistry*, 320, 126530. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.126530>
- Pihlanto, A., Mattila, P., Mäkinen, S., & Pajari, A. M. (2017). Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food and Function*, 8(10), 3443–3458. <https://doi.org/10.1039/c7fo00302a>
- Pojić, M., Dapčević Hadnadev, T., Hadnadev, M., Rakita, S., & Brlek, T. (2015). Bread Supplementation with Hemp Seed Cake: A By-Product of Hemp Oil Processing. *Journal of Food Quality*, 38(6), 431–440. <https://doi.org/10.1111/jfq.12159>
- Rehman, M., Fahad, S., Du, G., Cheng, X., Yang, Y., Tang, K., Liu, L., Liu, F.-H., & Deng, G. (2021). *Evaluation of hemp (Cannabis sativaL.) as an industrial crop: a review*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16264-5>/Published
- Rocchetti, G., Giuberti, G., & Lucini, L. (2018). Gluten-free cereal-based food products: the potential of metabolomics to investigate changes in phenolics profile and their in vitro bioaccessibility. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 22, pp. 1–8). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.10.007>

- Rusu, I. E., Marc, R. A., Mureșan, C. C., Mureșan, A. E., Filip, M. R., Onica, B. M., Csaba, K. B., Alexa, E., Szanto, L., & Muste, S. (2021). Advanced characterization of hemp flour (*Cannabis sativa* L.) from dacia secuieni and zenit varieties, compared to wheat flour. *Plants*, *10*(6). <https://doi.org/10.3390/plants10061237>
- Rusu, I. E., Marc, R. A., Mureșan, C. C., Mureșan, A. E., Mureșan, V., Pop, C. R., Chiș, M. S., Man, S. M., Filip, M. R., Onica, B. M., Alexa, E., Vișan, V. G., & Muste, S. (2021). Hemp (*Cannabis sativa* L.) flour-based wheat bread as fortified bakery product. *Plants*, *10*(8). <https://doi.org/10.3390/plants10081558>
- Shen, P., Gao, Z., Fang, B., Rao, J., & Chen, B. (2021). Ferreting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, *112*, 1–15. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.03.022>
- Siano, F., Moccia, S., Picariello, G., Russo, G. L., Sorrentino, G., di Stasio, M., la Cara, F., & Volpe, M. G. (2019). Comparative study of chemical, biochemical characteristic and ATR-FTIR analysis of seeds, oil and flour of the edible Fedora cultivar hemp (*Cannabis sativa* L.). *Molecules*, *24*(1). <https://doi.org/10.3390/molecules24010083>
- Smeriglio, A., Galati, E. M., Monforte, M. T., Lanuzza, F., D'Angelo, V., & Circosta, C. (2016). Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity of Cold-Pressed Seed Oil from Finola Cultivar of *Cannabis sativa* L. *Phytotherapy Research*, 1298–1307. <https://doi.org/10.1002/ptr.5623>
- Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2004). Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products - A Review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 44, Issue 1, pp. 19–55). <https://doi.org/10.1080/10408690490263774>
- Suppajariyawat, P., & Gonzalez-Rodriguez, J. (2021). Application of LC–QTOF/MS for the validation and determination of organic explosive residues on Ionscan® swabs. *Science and Justice*, *61*(6), 697–703. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.09.001>
- Teterycz, D., Sobota, A., Przygodzka, D., & Lysakowska, P. (2021). Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation. *PLoS ONE*, *16*(3 March). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248790>

- Thomas, B. F., & ElSohly, M. A. (2016). The Botany of *Cannabis sativa* L. In *The Analytical Chemistry of Cannabis* (pp. 1–26). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804646-3.00001-1>
- Tian, W., Chen, G., Tilley, M., & Li, Y. (2021). Changes in phenolic profiles and antioxidant activities during the whole wheat bread-making process. *Food Chemistry*, 345. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128851>
- Timoshenkova, I., Barsukova, N., Moskvicheva, E., Pilipenko, T., Zhilinskaya, N., Irishkin, E., & Moskvichev, A. (2020). *USE OF HEMP FLOUR FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN-FREE CONFECTIONERY*.
- Todde, G., Carboni, G., Marras, S., Caria, M., & Sirca, C. (2022). Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) for phytoremediation: Energy and environmental life cycle assessment of using contaminated biomass as an energy resource. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102081>
- Vasukova, A. T., Adzhian, E. A., Strocova, A. S., & Moshkin, A. v. (2021). Influence of food additives for quality indicator of yeast dough. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677(3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032021>
- Yan, X., Tang, J., dos Santos Passos, C., Nurisso, A., Simoes-Pires, C. A., Ji, M., Lou, H., & Fan, P. (2015). Characterization of Lignanamides from Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed and Their Antioxidant and Acetylcholinesterase Inhibitory Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(49), 10611–10619. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05282>
- Yuan, D., Cao, C., Kong, B., Sun, F., Zhang, H., & Liu, Q. (2022). Micronized cold-pressed hemp seed cake could potentially replace 50% of the phosphates in frankfurters. *Meat Science*, 189, 108823. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108823>
- Αναστασιάδης Γ., & Προβατά Τ. (2021). *Αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης για την ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων πλούσιου ζυμαριού*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής .
- Κολιού, Ζ. (2021). *Αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης για την ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων πλούσιου ζυμαριού με χρήση της διεργασίας κλιβανισμού-ζυμώσεως*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Λάζος, Ε., & Λάζου, Α. (2016). *Επιστήμη & Τεχνολογία Σιτηρών*. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ.

Παπαδάκης, Σπ. (2018). *ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ* (2nd ed.). ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.

Τζιά, Κ. (2004). *Λειτουργικά τρόφιμα: Τεχνολογία, προοπτικές, χρήσεις*.

Τσάκνης, Γ. (2018). *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΛΙΠΩΝ ΚΑΙ ΛΑΔΙΩΝ*. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.