



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
Εργαστήριο Χημείας Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας
Τροφίμων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης για την ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων πλούσιου ζυμαριού με χρήση της διεργασίας κλιβανισμού-ζυμώσεως

MSc Thesis
Valorization of defatted hemp seed meal for the development of novel rich dough foods products using baking-fermentation process

Διευθυντής
Καθ. Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων (ΠΑ.Δ.Α) Ιωάννης Τσάκνης



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Ζωή Κολιού/Zoi Koliou

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Δρ. Ανδριάννα Λάζου/Dr. Andriana Lazou

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2021



University of West Attica
Faculty of Food Sciences
Department of Food Science and Technology
Laboratory of Chemistry, Analysis and Design of Food
Processes

Master of Science
FOOD INNOVATION, QUALITY AND SAFETY

MSc THESIS
**Valorization of defatted hemp seed meal for the development of novel
rich dough food products using baking – fermentation process**

ZOI KOLIOU
Registration number: 19009
e-mail: fiqs19009@uniwa.gr

SUPERVISOR
Dr. Andriana Lazou

AIGALEO 2021

Έγινε δεκτή

Ο διευθυντής του ΠΜΣ: Ιωάννης Τσάκνης

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο **«Αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης για την ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων πλούσιου ζυμαριού με χρήση της διεργασίας κλιβανισμού-ζυμώσεως»** που παρουσιάστηκε από την **ΚΟΛΙΟΥ ΖΩΗ**, υποψήφιας για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην **ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία 17/6/2021

Όνομα επιβλέποντος
Λάζου Ανδριάννα

Ημερομηνία 17/6/202

Όνομα μέλους επιτροπής
Γιαννακούρου Μαρία

Ημερομηνία 17/6/2021

Όνομα μέλους επιτροπής
Λουγκοβόης Βλαδίμηρος

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Κολιού Ζωή** του **Κωνσταντίνου**, με αριθμό μητρώου **19009** φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών **Καινοτομία, Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων** του Τμήματος **Επιστήμης και Τεχνολογία Τροφίμων** της Σχολής **Επιστημών Τροφίμων** του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής 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».

Η Δηλούσα

Κολιού Ζωή



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.

Κολιού Ζωή

Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης & Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων, του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, με Διευθυντή τον καθηγητή Νικόλαο Ζόγκζα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τις εταιρίες Μύλοι Μάρρα Α.Ε. και την ΚΟΙΝΣΕΠ ΚΑΝΝΑΒΙΟ για την ευγενή χορηγία των πρώτων υλών, καθώς και την κυρία Στέλλα Πρωτονοταρίου μεταδιδακτορική ερευνήτρια, και την Αναπλ. Καθηγήτρια κυρία Ι. Μαντάλα, από το Εργαστήριο Μηχανικής και Επεξεργασίας Τροφίμων, του τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του ανθρώπου, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την παραχώρηση του εξοπλισμού αλέσεως.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Τάρση Προβατά και τον Γιώργο Αναστασιάδη για τη βοήθεια τους και για τη συνολική μας συνεργασία κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και την επεξεργασία αυτών, καθώς και την επιβλέπουσα καθηγήτρια Λάζου Ανδριάνα για την αμέριστη βοήθεια και καθοδήγηση της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Στον Θάνο, στον *Gandhi*, και στο μωράκι μας.

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία έγινε επαναχρησιμοποίηση ενός τροφικού αποβλήτου της βιομηχανίας επεξεργασίας βιομηχανικής κάνναβης, συγκεκριμένα τα υπολείμματα απολίπανσης των σπόρων κάνναβης, δηλαδή τα υπολείμματα μετά την εκχύλιση του ελαίου από τους σπόρους κάνναβης. Έγινε αξιοποίηση αυτών στην ανάπτυξη τροφίμου πλούσιου ζυμαριού, στο τσουρέκι. Ειδικότερα, μετά από άλεση των υπολειμμάτων, για την παραγωγή αλεύρου κάνναβης, ετοιμάστηκαν 4 δείγματα τσουρεκιού διαφορετικών αναλογιών. Οι αναλογίες ήταν για το βασικό τσουρέκι 100% άλευρο σίτου, και στα υπόλοιπα δείγματα έγινε αντικατάσταση αλεύρου σίτου με άλευρο κάνναβης σε αναλογίες 90/10, 70/30 και 50/50. Ο κύριος στόχος της εργασίας ήταν να μελετηθεί η επίδραση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης στις φυσικοχημικές ιδιότητες του τελικού τροφίμου, στις δομικές ιδιότητες, στις ιδιότητες υφής, στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών και την αντιοξειδωτική δράση. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική αξιολόγηση αυτών, και αποτίμηση της ολικής αποδοχής των εναλλακτικών τσουρεκιών. Η προσθήκη 10% και 30% κάνναβης έδωσαν ένα τελικό προϊόν που αξιολογήθηκε ως αποδεκτό, έχοντας πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φαινολικά και αντιοξειδωτικά σε σχέση με το βασικό τσουρέκι. Με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης μειώθηκε ο όγκος των τσουρεκιών και το πορώδες, δίνοντας ένα προϊόν με πυκνότερη δομή και μεγαλύτερη ικανότητα θρυμματισμού, ενώ δεν επηρεάστηκε η αποδοχή των δοκιμαστών. Η προσθήκη 50% κάνναβης, έδωσε προϊόν μικρότερου όγκου, χαμηλότερης υγρασίας, μικρότερης συνεκτικότητας και χαμηλής αποδοχής. Συμπεραίνεται ότι είναι εφικτή η παραγωγή αποδεκτών προϊόντων πλούσιου ζυμαριού με προσθήκη αλεύρου κάνναβης μέχρι το ποσοστό 30%. Αυτό ανοίγει έναν ερευνητικό ορίζοντα και για περαιτέρω έρευνα στον συγκεκριμένο τομέα στα πλαίσια αξιοποίησης του συγκεκριμένου υποπροϊόντος στην παρασκευή τροφίμων πλούσιου ζυμαριού.

Abstract

In the present work, a food waste of the industrial hemp processing industry was reused, the defatted hemp seed meal, which are the residues after the extraction of the oil from the hemp seeds. They were utilized in the development of a Greek rich dough food product, named "tsoureki". In particular, the residues were grinded to flour and 4 samples of tsoureki of different proportions were prepared. The basic "tsoureki" was prepared with 100% wheat flour, and for the other samples the wheat flour was substituted by hemp flour in proportions 90/10, 70/30 and 50/50. The main purpose of this study was to evaluate the effect of the hemp flour on the physicochemical, structural and textural properties of the final product, and the total phenolic content and the antioxidant activity. Moreover, the sensorial characteristics and acceptability of the products were determined. The addition of 10% and 30% of hemp flour gave a final product that was evaluated as acceptable, having a much higher content of phenolics and antioxidants than the basic "tsoureki". The addition of hemp flour decreased the volume and the porosity of the "tsoureki", resulting in a product with denser structure and greater friability, and did not affect the overall acceptability. The addition of 50% of hemp flour gave a sample of much decreased volume, lower humidity, less cohesiveness and evaluated as low acceptant product. It is concluded that it is possible to produce acceptable rich dough baked products with the addition of hemp flour up to 30%. This opens a new field for further research in this area in the context of utilizing this by-product in the preparation of rich dough baked products.

Περιεχόμενα

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας.....	III
Δήλωση περί λογοκλοπής/ Copyright	IV
Ευχαριστίες	V
Περίληψη	VII
Abstract	VIII
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό υπόβαθρο – Ανασκόπηση βιβλιογραφίας	4
2.1. Απόβλητα τροφίμων	4
2.1.1. Ορισμοί	5
2.1.2. Λειτουργικά συστατικά και μέθοδοι εκχύλισης	6
2.1.2.1. Εκχύλιση καροτενοειδών	7
2.1.2.2. Εκχύλιση αντιοξειδωτικών	9
2.1.2.3. Εκχύλιση πρωτεϊνών	13
2.2. Ελαιούχοι σπόροι	14
2.2.1. Σύνθεση αμινοξέων	16
2.2.2. Εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων	18
2.2.2.1. Σπόρος Γαϊδουράγκαθου	19
2.2.2.2. Σπόρος Ελαιοκράμβης/ Κανόλα	21
2.2.2.3. Ηλιόσπορος	22
2.2.2.4. Κολοκυθόσπορος	23
2.2.2.5. Λιναρόσπορος	25
2.2.2.6. Σπόρος Chia	26
2.2.2.7. Σουσάμι.....	26
2.3. Σπόρος κάνναβης	27
2.3.1. Έλαιο κάνναβης	29
2.3.2. Υπολείμματα απολίπανσης	30
2.3.3. Εφαρμογές	30
2.3.3.1. Σε άρτο	32
2.3.3.2. Σε ζυμαρικά	34
2.4. Γλυκά αρτοσκευάσματα πλούσιου ζυμαριού	35
2.4.1. Τσουρέκι	35
2.4.2. Εφαρμογές	36
Κεφάλαιο 3. Υλικά και Μέθοδοι.....	37
3.1. Υλικά	37

3.2. Παρασκευή τσουρεκιού	38
3.3. Προσδιορισμός των ιδιοτήτων	40
3.3.1. Φυσικοχημικές ιδιότητες	40
3.3.1.1. Περιεχόμενη υγρασία	40
3.3.1.2. Ενεργότητα ύδατος (a_w)	40
3.3.1.3. Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό	40
3.3.1.4. Χρώμα	40
3.3.2. Δομικές ιδιότητες	41
3.3.2.1. Πραγματικός όγκος (V_t).....	41
3.3.2.2. Ειδικός όγκος (SV)	42
3.3.2.3. Πραγματική πυκνότητα ρ_t	42
3.3.2.4. Φαινόμενη πυκνότητα ρ_a	42
3.3.2.5. Πορώδες ϵ	43
3.3.3. Ανάλυση υφής (TPA)	43
3.4. Φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση	44
3.4.1. Εκχύλιση φαινολικών ενώσεων	44
3.4.2. Ποσοτικός προσδιορισμός ολικών φαινολών	44
3.4.3. Αντιοξειδωτική δράση.....	44
3.5. Οργανοληπτική αξιολόγηση	45
3.6. Στατιστική επεξεργασία	47
Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα και συζήτηση	48
4.1. Φυσικοχημικές ιδιότητες αποτελέσματα.....	48
4.2. Δομικές ιδιότητες αποτελέσματα.....	50
4.3. Ανάλυση υφής αποτελέσματα.....	52
4.4. Φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση αποτελέσματα.....	53
4.5. Οργανοληπτική αξιολόγηση αποτελέσματα.....	54
Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα και υποδείξεις για περαιτέρω έρευνα	58
5.1. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	58
Βιβλιογραφία.....	60

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Ορισμοί.....	6
Πίνακας 2. Λειτουργικά συστατικά σε φυτικά υπολείμματα (Oreopoulou and Tzia, 2007)....	7
Πίνακας 3. Βασική σύνθεση αμινοξέων κυριότερων ελαιούχων σπόρων g/100g (τροποποίηση από πηγή Kotecka-Majchrzak et al., 2020)	17

Πίνακας 4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν την αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης ελαιούχων σπόρων σε τρόφιμα προς ανθρώπινη κατανάλωση	19
Πίνακας 5. Τυπική θρεπτική περιεκτικότητα (%) των σπόρων κάνναβης πριν και μετά την εκχύλιση ελαίου. (τροποποίηση από πηγή Callaway, 2004)	30
Πίνακας 6. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν την αξιοποίηση υπολειμμάτων σπόρων κάνναβης (ΥΑΣΚ) σε τρόφιμα	31
Πίνακας 7. Χημική σύνθεση για τα άλευρα g/100g (από τους προμηθευτές)	37
Πίνακας 8. Βασική συνταγή του τσουρεκιού-αναλογίες συστατικών.....	38
Πίνακας 9. Διαφορετικές αναλογίες αλεύρου σίτου/αλεύρου κάνναβης.....	38
Πίνακας 10. Περιγραφικοί όροι, ορισμοί και άξονες βαθμολογίας (πηγή Callejo, 2011, Lazou et al., 2010).....	46
Πίνακας 11. Φυσικοχημικές ιδιότητες τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης	48
Πίνακας 12. Δομικά χαρακτηριστικά τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης	50
Πίνακας 13. Χαρακτηριστικά υφής τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης	52
Πίνακας 14. Φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά κάνναβης	53
Πίνακας 15. Οργανοληπτική αξιολόγηση τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης	54

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Επισκόπηση χρήσης υποπροϊόντων φρούτων και λαχανικών (τροποποίηση από πηγή Pattnaik et al., 2021)	11
Εικόνα 2. Εκχύλιση ολικών φαινολικών από υπολείμματα μήλου (τροποποίηση από πηγή Ferrentino et al., 2018).....	12
Εικόνα 3. Διάγραμμα ροής: πλήρης αξιοποίηση ελαιούχων σπόρων ως πηγές πρωτεΐνης (τροποποίηση από πηγή Oreorouliou & Tzia, 2007).....	14
Εικόνα 4. Γαϊδουράγκαθο ανθός και σπόροι (πηγή Apostol et al., 2017)	20
Εικόνα 5. Φυτό κάνναβης και οι χρήσεις της. (τροποποίηση από πηγή Farinon et al., 2020).....	28
Εικόνα 6. Απεικόνιση των τεσσάρων δειγμάτων άρτου με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης (πηγή Mikulec et al., 2019)	34
Εικόνα 7. Διάγραμμα ροής της παρασκευής του τσουρεκιού	39
Εικόνα 8. CIELAB system συντεταγμένες (τροποποίηση από πηγή Liu et al., 2015)	41

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Παλαιότερα οι καταναλωτές κατανάλωναν τρόφιμα με σκοπό για να ικανοποιήσουν το αίσημα της πείνας, την τελευταία δεκαετία όμως, οι σύγχρονοι καταναλωτές ενδιαφέρονται περισσότερο για την υγεία, την ευημερία και τη βελτίωση της διατροφής τους, με αποτέλεσμα να αναζητούν διαρκώς προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας στην αγορά (Ganorkar *et al.*, 2016). Έτσι η βιομηχανία αρτοποιίας, ακολουθώντας την τάση της εποχής, επικεντρώνεται στην επέκταση της ποικιλίας των προϊόντων άρτου και λοιπών αρτοσκευασμάτων με λειτουργικό προσανατολισμό. Ακολουθείται μια αναπτυξιακή στρατηγική προσφέροντας καινοτόμα προϊόντα υγιεινά, με υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, ω-3 λιπαρά οξέα, χαμηλή χοληστερόλη, λιγότερο αλάτι και λιπαρά (Ermosh *et al.*, 2021).

Τα προϊόντα αρτοποιίας βελτιώνονται θρεπτικά κυρίως με προσθήκη εναλλακτικών άλευρων ή με αντικατάσταση των παραδοσιακών με μη παραδοσιακά. (π.χ. αλεύρι φασολιών, αλεύρι κάνναβης, αλεύρι tempreh, αλεύρι αμάρανθου), τα οποία έχουν μεγάλη επίδραση στην ποιότητα του ενδιάμεσου και τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα, μπορεί να επηρεάσουν τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού, όπως επίσης και την ποιότητα και θρεπτική αξία του τελικού προϊόντος (Pojić *et al.*, 2015; Švec and Hrušková, 2015; Carra, Kelly and Ng, 2020; Huang *et al.*, 2019; Awolu, Osemeke and Ifesan, 2016).

Σήμερα είναι γνωστό ότι τα υποπροϊόντα τροφίμων (food by-products) ή απόβλητα τροφίμων (food waste) (π.χ. αλεύρι από αποξηραμένη πούλπα μήλου-apple pomace flour, αλεύρι από αποξηραμένη φλούδα πορτοκαλιού-orange pomace flour, αλεύρι από το κουκούτσι ελιάς-olive stone powder, υποπροϊόντα ελαιόλαδου, αλεύρι από τα εναέρια μέρη γλυκοπατάτας- aerial parts of sweet potato powder, αλεύρι από υπολείμματα δημητριακών ζυθοποιίας- brewers' spent grain flour) θεωρούνται πλούσια σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, φαινολικά, αντιοξειδωτικά και χρωστικές (Masoodi, Sharma and Chauhan, 2002; Usman *et al.*, 2020; Bolek, 2020; Günal and Turan, 2018; Nunes *et al.*, 2016; Paulo and Santos, 2020). Ως εκ τούτου, δεδομένου ότι είναι μια βιώσιμη πηγή πολύτιμων συστατικών, έχουν χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση των χαρακτηριστικών των προϊόντων αρτοποιίας. (Oreoroulou and Tzia, 2008) Ο όρος «υποπροϊόντα τροφίμων» αντικαθιστά όλο και περισσότερο τη φράση «απόβλητα τροφίμων» για να τονίσει τη λειτουργική τους αξία, την σημασία τους στην παραγωγική διαδικασία και άρα, και την αγοραία τους αξία (Jukić *et al.*, 2019).

Μία σημαντική κατηγορία υποπροϊόντων είναι τα υπολείμματα απολίπανσης ελαιούχων σπόρων (όπως ηλιόσπορος, κολοκυθόσπορος, σπόροι chia, σουσάμι κ.α.). Από διάφορες μελέτες έχει αποδειχθεί ότι τα συγκεκριμένα υπολείμματα είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, φαινολικά, αντιοξειδωτικά, μέταλλα και ιχνοστοιχεία. (Ermosh *et al.*, 2021,

Grasso et al., 2020, Pigni et al., 2020, Jukić et al., 2019) Συνήθως τα χρησιμοποιούν για την παραγωγή ζωοτροφών, αν και υπάρχει μία τάση τα τελευταία χρόνια να γίνει προσπάθεια ενσωμάτωσης αυτών σε τρόφιμα για ανθρώπινη κατανάλωση, δεδομένου ότι είναι τόσο θρεπτικά. Μεταξύ των ελαιούχων σπόρων έχει σημαντική θέση η βιομηχανική κάνναβη (*Cannabis sativa* L.), που είναι ένα ετήσιο ποώδες φυτό που ανήκει στην οικογένεια Cannabaceae και υπήρξε σημαντική πηγή τροφής, φυτικών ινών και φαρμάκου. (Wang and Xiong, 2019). Ολόκληρος ο σπόρος κάνναβης περιέχει 25% έως 35% λιπίδια, 20% έως 25% πρωτεΐνες, 20% έως 30% υδατάνθρακες, 10% έως 15% διαιτητικές ίνες, καθώς επίσης και τα 20 αμινοξέα (Callaway, 2004, Jozinović et al., 2017) Οι δύο κύριες πρωτεΐνες στον σπόρο κάνναβης είναι η εδιστίνη και η αλβουμίνη. Το έλαιο που εξάγεται από τους σπόρους κάνναβης είναι πλούσιο σε ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και έχει πολύ ευνοϊκή αναλογία ω -3 / ω -6 (~3:1). Το τροφικό υπόλειμμα (food waste), γνωστό ως υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης (defatted hemp seed cake/meal), που προκύπτει μετά την εκχύλιση ελαίου από τους σπόρους κάνναβης, είναι μια πλούσια πηγή πρωτεϊνών υψηλής ποιότητας. (Callaway, 2004; Rojić et al., 2015) Η πίτα σπόρων κάνναβης (defatted hemp seed cake), ως πλούσια πηγή πρωτεϊνών και ενέργειας, μπορεί να μετατραπεί σε θρεπτικό αλεύρι υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Ως εκ τούτου, είναι ένα εξέχον συστατικό για να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη και παραγωγή τροφίμων.

Παρόλο που η σημαντικότητα του συγκεκριμένου υποπροϊόντος είναι αδιαμφισβήτητη, δεν έχουν γίνει ακόμα πολλές έρευνες. Η βιβλιογραφία είναι αρκετά περιορισμένη, όσον αφορά τη χρήση του στην αρτοποιία. Υπάρχουν μόνο λίγα άρθρα που αναφέρονται στον άρτο (Apostol et al., 2015, Mikulec et al., 2019, Rojić et al., 2015) και όλες οι μελέτες δείχνουν ότι το αλεύρι κάνναβης επηρέασε σημαντικά την υφή του τελικού προϊόντος, το χρώμα και τα θρεπτικά του συστατικά. Επίσης βρέθηκε μία ερευνα που έγινε εμπλουτισμός ζυμαρικών σίτου με αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης, και είχε θετική επίδραση στα θρεπτικά συστατικά και έγινε αποδεκτό από τους καταναλωτές (Teterycz et al., 2021).

Τα προϊόντα πλούσιου ζυμαριού (rich dough products) αποτελούν μία υποκατηγορία των γλυκών αρτοσκευασμάτων και χαρακτηρίζονται από υψηλά ποσοστά λίπους, ζάχαρης, ενώ σε πολλές περιπτώσεις προστίθενται και αυγά. Παραδείγματα προϊόντων πλούσιου ζυμαριού αποτελούν το γαλλικό «Brioche», το ιταλικό «Panettone» και το ελληνικό «τσουρέκι». (Lazos E. & Lazou A., 2016). Το «τσουρέκι» είναι ένα πολύ δημοφιλές και αγαπητό γλυκό αρτοσκεύασμα στην Ελλάδα και καταναλώνεται όλο το χρόνο ως ένα νόστιμο σνακ. Το αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί

σε τέτοια προϊόντα, ενισχύοντας την ποιότητα των πρωτεϊνών τους, το βιοδραστικό τους περιεχόμενο, την περιεκτικότητα τους σε μέταλλα, καθώς και τα επίπεδα ινών. Μέχρι τώρα, δεν έχουν διεξαχθεί έρευνες σε αυτόν τον τομέα και ειδικά σχετικά με τις προοπτικές ενσωμάτωσης αλεύρου κάνναβης σε προϊόντα πλούσιου ζυμαριού.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιοποίηση αλεύρου από υπολείμματα σπόρων κάνναβης στην παραγωγή τσουρεκιού και η μελέτη της επίδρασής του στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Τα προϊόντα τυποποιήθηκαν χρησιμοποιώντας διαφορετικές συγκεντρώσεις αλεύρου κάνναβης, αντικαθιστώντας το αλεύρι σίτου. Μελετήθηκε η επίδραση στις φυσικοχημικές ιδιότητες (περιεχόμενη υγρασία, ενεργότητα ύδατος, μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό και χρώμα), στις δομικές (πραγματικός όγκος, ειδικός όγκος, πραγματική πυκνότητα, φαινόμενη πυκνότητα και πορώδες) και ιδιότητες υφής (σκληρότητα, συνεκτικότητα, ελαστικότητα, κολλητικότητα και μασητικότητα). Επιπλέον, μετρήθηκε η ολική περιεκτικότητα σε φαινολικά, καθώς και η αντιοξειδωτική δράση. Τέλος, έλαβε χώρα οργανοληπτική αξιολόγηση, καθώς και αποτίμηση της ολικής αποδοχής των τελικών προϊόντων.

Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό υπόβαθρο – Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Μία από τις βασικές προσεγγίσεις της παρούσας εργασίας είναι να τονίσει τη σημαντικότητα της κυκλικής οικονομίας, γιατί είναι πλέον ξεκάθαρο ότι το γραμμικό μοντέλο παραγωγής «προμήθεια, παραγωγή, απόρριψη» δεν είναι πια βιώσιμο. Η κυκλική οικονομία ίσως είναι η λύση για αειφόρο ανάπτυξη. Στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, είναι σημαντικό να γίνεται επαναχρησιμοποίηση, όταν αυτό είναι εφικτό, των αποβλήτων τροφίμων. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία αποβλήτων τροφίμων που είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, και είναι σημαντικό να γίνεται αξιοποίηση αυτών ως υποπροϊόντα, δηλαδή να ενσωματώνονται ξανά στην παραγωγική διαδικασία, πχ για τον θρεπτικό εμπλουτισμό τροφίμων. Αρχικά, λοιπόν, παρουσιάζονται κάποιοι βασικοί ορισμοί που σχετίζονται με την κυκλική οικονομία, και δίνεται μία συνοπτική περιγραφή των τρόπων εκχύλισης κάποιων βασικών λειτουργικών συστατικών που εμπεριέχονται στα υπολείμματα τροφίμων, όπως καροτενοειδή, αντιοξειδωτικά και πρωτεΐνες.

Μία κατηγορία αποβλήτων τροφίμων πλούσια σε θρεπτικά συστατικά είναι τα υπολείμματα απολίπανσης ελαιούχων σπόρων. Είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, αντιοξειδωτικά κ.α. Έλαβε χώρα μία βιβλιογραφική ανασκόπηση σε έρευνες που σχετίζονταν με την αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης ελαιούχων σπόρων, την τελευταία πενταετία, και παρουσιάζονται κάποια βασικά αποτελέσματα από αυτές τις έρευνες. Στην παρούσα εργασία έγινε αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης. Η επιλογή αυτού οφείλεται στα πλούσια θρεπτικά του συστατικά, αλλά και στον περιορισμένο αριθμό προσπαθειών αξιοποίησής του. Ακολουθούν βασικά συμπεράσματα από προηγούμενες έρευνες που έγινε προσθήκη του συγκεκριμένου υποπροϊόντος.

Οι περισσότερες έρευνες πάνω στην αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης ελαιούχων σπόρων έχουν γίνει σε άρτο, ή μπισκότα. Υπάρχει όμως μία κατηγορία γλύκων αρτοσκευασμάτων, τα προϊόντα πλούσιου ζυμαριού, που δεν έχουν επιλεχθεί σε καμία έρευνα αξιοποίησης υπολειμμάτων απολίπανσης. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το ελληνικό τσουρέκι. Στον παρούσα ενότητα, δίνονται επιγραμματικά κάποιες γενικές πληροφορίες για τα προϊόντα πλούσιου ζυμαριού, και για το τσουρέκι συγκεκριμένα.

2.1. Απόβλητα τροφίμων

Η έλλειψη πρώτων υλών στην παραγωγή τροφίμων παγκοσμίως έχει δημιουργήσει περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική ανισορροπία, που έχει ως αποτέλεσμα την αδιάκριτη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, την αύξηση του κόστους των τροφίμων και την καθημερινή αύξηση του αριθμού των ατόμων που υποφέρουν από ακραία πείνα. Σύμφωνα με στοιχεία του οργανισμού *World Food Programme*, 690 εκατομμύρια άνθρωποι στερούνται επαρκούς

τροφής.(WFP, 2021) Το τρέχον μοντέλο της οικονομίας (γραμμικό μοντέλο) βασίζεται στο μοντέλο που ξεκίνησε την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης και είχε σαν στόχο τη συνεχή παραγωγή προϊόντων σύντομου χρόνου ζωής. Με αυτό τον τρόπο έπρεπε να παράγονται όλο και περισσότερα προϊόντα, ώστε να ικανοποιούνται οι συνεχείς ανάγκες του καταναλωτή. Η γραμμική οικονομία αυξάνει την αδιάκριτη εκμετάλλευση των περιορισμένων φυσικών πόρων και αυτό οδηγεί σε σημαντική οικονομική και περιβαλλοντική κρίση (Osorio, Flórez-López and Grande-Tovar, 2021).

2.1.1. Ορισμοί

Οι Kirchherr et al. (2017) στο άρθρο τους αναλύουν τους ορισμούς της κυκλικής οικονομίας. Αναφέρεται ότι ενώ από τη μία υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί ορισμοί, από την άλλη δεν υπάρχει κάποιος αντικειμενικά αποδεκτός. Σχολιάζουν, επίσης, ότι αρκετοί αρθρογράφοι την αποκαλούν πράσινη οικονομία (*green economy*), ενώ κάποιοι άλλοι τη συγγέουν με την ανακύκλωση. Καταλήγουν δίνοντας έναν δικό τους ορισμό για την κυκλική οικονομία. Σύμφωνα, λοιπόν, με τους Kirchherr et al. (2017) η κυκλική οικονομία είναι ένα οικονομικό σύστημα που αντικαθιστά την έννοια του «τέλους ζωής» (“*end-of-life*”), με την μείωση αποβλήτων, με την εναλλακτική επαναχρησιμοποίηση, με την ανακύκλωση, και την ανάκτηση υλικών (*reducing, alternatively reusing, recycling and recovering materials*) στις διαδικασίες παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης. Μπορεί να εφαρμοστεί σε μικρό επίπεδο (όπως από καταναλωτές και εταιρίες), σε μεσαίο επίπεδο (σε οικολογικά – βιομηχανικά πάρκα) και σε μεγάλο επίπεδο (σε πόλεις, διαμερίσματα, κράτη ή και πέραν αυτών). Ο κύριος στόχος της κυκλικής οικονομίας είναι επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, δημιουργώντας ταυτόχρονα περιβαλλοντική ποιότητα, οικονομική ευημερία και κοινωνική ισότητα, προς όφελος των σημερινών και των μελλοντικών γενεών (Kirchherr, Reike and Hekkert, 2017).

Προκειμένου να εφαρμοστεί μια κυκλική οικονομία σε οποιαδήποτε βιομηχανία απαιτούνται δύο βασικές στρατηγικές: πρώτον μείωση των επιπέδων των αποβλήτων και δεύτερον εύρεση της πιο βιώσιμης λύσης για τη διαχείριση αυτών. Η αξιοποίηση αποβλήτων, που έχει οριστεί ως η διαδικασία μετατροπής των αποβλήτων σε πιο χρήσιμα προϊόντα, είναι ένας χρήσιμος και βιώσιμος τρόπος για τη διαχείριση τους. Τα υπολείμματα (ή απόβλητα) τροφίμων είναι σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών και η αξιοποίησή τους έχει οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη και για αυτό το λόγο αρκετές χώρες ήδη έχουν ξεκινήσει τέτοιες προσπάθειες. Ο σκοπός είναι να μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν τα υπολείμματα τροφίμων ως πόρους, κλείνοντας με αυτό τον τρόπο τον κύκλο, κατευθυνόμενοι προς την ανάπτυξη μίας κυκλικής οικονομίας (Garcia-Garcia, Stone and Rahimifard, 2019).

Το σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής επιτροπής για τη διαχείριση των υπολειμμάτων τροφίμων (EC, 2019) εισάγει ορισμό για τα υπολείμματα τροφίμων, που βασίζεται στον ορισμό για το «τρόφιμο» από τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ.178/2002. Ως «τρόφιμα» (ή «είδη διατροφής») νοούνται ουσίες ή προϊόντα, είτε αυτά έχουν υποστεί πλήρη ή μερική επεξεργασία είτε όχι, τα οποία προορίζονται για βρώση από τον άνθρωπο ή αναμένεται ευλόγως ότι θα χρησιμεύσουν για τον σκοπό αυτόν. ((ΕΚ) 178/2002, 2002) Στα απόβλητα (ή υπολείμματα) τροφίμων συμπεριλαμβάνονται και μέρη των τροφίμων που προορίζονται για κατανάλωση, αλλά και μέρη των τροφίμων που δεν προορίζονται για κατανάλωση, αλλά μόνο όταν αυτά δεν διαχωρίστηκαν από τα βρώσιμα μέρη κατά την παραγωγή του τροφίμου, όπως τα οστά που συνδέονται με το κρέας που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση (Metcalf, 2019). Στον Πίνακα 1, που ακολουθεί, βρίσκονται κάποιοι βασικοί ορισμοί που συνδέονται με την κυκλική οικονομία.

Πίνακας 1. Ορισμοί

Όροι	Ερμηνεία	Πηγή
Κυκλική Οικονομία	Οικονομικό σύστημα που αντικαθιστά την έννοια του «τέλους ζωής» με την μείωση υπολειμμάτων, εναλλακτικής επαναχρησιμοποίησης αυτών, ανακύκλωσης, και ανάκτησης υλικών στις διαδικασίες παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης.	(Kirchherr, Reike and Hekkert, 2017)
Αξιοποίηση υπολειμμάτων τροφίμων	Διαδικασία μετατροπής των αποβλήτων (υπολειμμάτων) σε πιο χρήσιμα προϊόντα	(Garcia-Garcia, Stone and Rahimifard, 2019)
Υπολείμματα τροφίμων (ΕΥ)	Τρόφιμα που καταναλώνονται από τον άνθρωπο και τρόφιμα που δεν καταναλώνονται από τον άνθρωπο (π.χ. μη βρώσιμα μέρη που δεν διαχωρίστηκαν κατά την παραγωγή του φαγητού)	(Metcalf, 2019)

2.1.2. Λειτουργικά συστατικά και μέθοδοι εκχύλισης

Η επεξεργασία φρούτων, λαχανικών και ελαιούχων σπόρων έχει ως αποτέλεσμα υψηλές ποσότητες αποβλήτων όπως φλούδες, κουκούτσια και υπολείμματα απολίπανσης σπόρων. Η απόρριψη αυτών των υλικών συνήθως αποτελεί ένα πρόβλημα που επιδεινώνεται περαιτέρω από νομικούς περιορισμούς. Τα φυτικά απόβλητα είναι επιρρεπή σε μικροβιακή αλλοί-

ωση. Επομένως, η ξήρανση είναι απαραίτητη πριν από την περαιτέρω εκμετάλλευση. Το κόστος της ξήρανσης, της αποθήκευσης και της μεταφοράς θέτει επιπλέον οικονομικούς περιορισμούς στη χρήση αποβλήτων. Συνεπώς, τα φυτικά απόβλητα χρησιμοποιούνται συνήθως ως ζωοτροφές ή λιπάσματα. Ωστόσο, η ζήτηση για ζωοτροφές ή λιπάσματα ποικίλλει και εξαρτάται από τη γεωργική παραγωγή. Επιπλέον, τα φυτικά απόβλητα περιέχουν πολύτιμα θρεπτικά συστατικά που χάνονται. Για αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια ενισχύονται οι προσπάθειες αξιοποίησης αυτών των αποβλήτων ως υποπροϊόντα στην παραγωγή τροφίμων με υψηλή θρεπτική αξία. Κάτι ακόμα σημαντικό είναι ότι και η ανάκτηση τους μπορεί να είναι οικονομικά ελκυστική (Oreoroulou and Tzia, 2007).

Στον Πίνακα 2, που ακολουθεί, βρίσκονται συνοπτικά τα βασικά λειτουργικά συστατικά που εμπεριέχονται στα φυτικά υπολείμματα, όπως φρούτων, λαχανικών και δημητριακών. Τα σημαντικότερα λειτουργικά συστατικά είναι τα καροτενοειδή, τα αντιοξειδωτικά, οι πρωτεΐνες και οι φυτικές ίνες.

Πίνακας 2. Λειτουργικά συστατικά σε φυτικά υπολείμματα (Oreoroulou and Tzia, 2007)

Λειτουργικά συστατικά	Φυτικά υπολείμματα
Καροτενοειδή και άλλα χρωστικά	Υπολείμματα καρότου, φλούδα πορτοκαλιού, υπολείμματα μήλου
Αντιοξειδωτικά	Υπολείμματα μήλου, φλούδα πορτοκαλιού, λεμονιού, γκρέιπφρουτ και πατάτας, υπολείμματα σταφυλιού, υπολείμματα κρεμμυδιού, κελύφη ηλιόσπορου (sunflower hulls), κελύφη φαγόπυρου (buckwheat hulls), πίτυρο σκληρού σίτου (durum wheat bran), υπολείμματα βρώμης, υπολείμματα ελαιούχων σπόρων
Πρωτεΐνες	Ελαιούχοι σπόροι (oilseeds), υπολείμματα ελαιούχων σπόρων, όσπρια, σιτηρά, υπολείμματα ντομάτας, υπολείμματα φρούτων
Φυτικές ίνες	Πίτυρο σίτου, πίτυρο βρώμης, κέλυφος φασολιού σόγιας (soybean shells), υπολείμματα σταφυλιού, πορτοκαλιού, λεμονιού, γκρέιπφρουτ, ακτινιδίου, καρότου, πατάτας, ζαχαρότευτλου, κουνουπιδιού, αγκινάρας και σπαραγγιού

2.1.2.1. Εκχύλιση καροτενοειδών

Τα καροτενοειδή είναι λιποδιαλυτές χρωστικές που βρίσκονται συνήθως σε φυτικούς ιστούς που έχουν καλή αντιοξειδωτική δράση. Οι κυριότερες μορφές καροτενοειδών περιλαμβάνονται

νουν τη λουτεΐνη, β-καροτένιο, λυκοπένιο, ζεαξανθίνη, βιολαξανθίνη, ανθεραξανθίνη, νεοξανθίνη και β-κρυπτοξανθίνη. Υπάρχουν δύο κατηγορίες καροτενοειδών, πρώτον, οι ξανθοφύλλες που περιέχουν οξυγόνο και αποδίδουν κίτρινο χρώμα. και δεύτερον, τα καροτένια που δεν περιέχουν οξυγόνο αλλά μόνο γραμμικούς υδρογονάνθρακες, οι οποίοι προσδίδουν το πορτοκαλί χρώμα. Τα καροτενοειδή χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων για να αναπληρώσουν το χρώμα που χάθηκε λόγω της θερμικής επεξεργασίας. (Pattnaik *et al.*, 2021) Συνεπώς, η ζήτηση καροτενοειδών συνεχώς αυξάνεται και η παγκόσμια αγορά προβλέπεται να σημειώσει ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 4% και να ξεπεράσει το ποσό των 2000 εκατομμυρίων δολαρίων έως το 2023. Η Ευρώπη είναι η κύρια αγορά, αντιπροσωπεύοντας το 42% του παγκόσμιου συνόλου, και στη συνέχεια ακολουθούν η Βόρεια Αμερική και η Ασία. Αν και τα περισσότερα από τα τρέχοντα εμπορικά καροτενοειδή παράγονται μέσω χημικής σύνθεσης, υπάρχει μια σημαντική τάση ανάκτησης αυτών των ενώσεων από φυσικές πηγές, όπως φρούτα και λαχανικά. (de Andrade Lima *et al.*, 2019) Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται καταναλωτική ζήτηση για πιο φυσικά προϊόντα και αυτό έχει αυξήσει το ενδιαφέρον της βιομηχανίας τροφίμων να χρησιμοποιεί ενώσεις φυσικής προέλευσης. Φυσικά χρωστικά και αντιοξειδωτικά βρίσκονται σε πολλά αγροβιομηχανικά υποπροϊόντα (agroindustrial by-products) και η ανάκτηση και ο καθαρισμός τους μπορεί να είναι μια ευεργετική λύση. Επιπλέον, η ενσωμάτωσή τους σε τρόφιμα μπορεί να τα αναβαθμίσει σε λειτουργικά τρόφιμα, αυξάνοντας, με αυτό τον τρόπο, την αποδοχή των καταναλωτών (Oreorouli and Tzia, 2007).

Τα καροτενοειδή μπορούν να εξαχθούν κυρίως από καρότο, φλούδα πορτοκαλιού και ντομάτας και χρησιμοποιούνται οργανικοί διαλύτες για την εκχύλιση τους. Η ακετόνη έχει ως αποτέλεσμα την υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με αιθανόλη, πετρελαϊκό αιθέρα (petroleum ether) και εξάνιο (Oreorouli and Tzia, 2007). Περαιτέρω, οι Strati & Oreorouli (2011) στην έρευνα τους που διεξήχθη σε ξηρά υπολείμματα ντομάτας, για να εκτιμηθεί η ικανότητα εκχύλισης των καροτενοειδών σε διαφορετικούς οργανικούς διαλύτες για τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων εκχύλισης, κατέληξαν στο ότι ένας νέος διαλύτης, φιλικός προς το περιβάλλον, ο γαλακτικός αιθυλεστέρας (ethyl lactate) είχε την υψηλότερη απόδοση καροτενοειδών (243,00 mg/kg σε ξηρό απόβλητο ντομάτας) στους 70°C, σε σύγκριση με την ακετόνη (51,90 mg/kg), τον οξικό αιθυλεστέρα (46,21 mg/kg), το εξάνιο (34,45 mg/kg) και την αιθανόλη (17,57 mg/kg) (Strati and Oreorouli, 2011). Εάν χρησιμοποιείται νωπή, υγρή πρώτη ύλη, η αρχική έκπλυση με νερό απομακρύνει τα περισσότερα ελεύθερα σάκχαρα και άλλες διαλυτές ενώσεις, όπως οι φλαβονοειδείς γλυκοζίτες και έτσι αυξάνεται η καθαρότητα των εκχυλισμάτων. Η διαδοχική έκπλυση με ακετόνη απομακρύνει το νερό και διευκολύνει την εξαγωγή των καροτενοειδών στα επόμενα βήματα. Απαιτούνται διαδοχικές εκχυλίσεις

για ποσοτική ανάκτηση, π.χ. δύο εκχυλίσσεις με ακετόνη, σε αναλογία διαλύτη προς φλούδα 2:1 και θερμοκρασία περιβάλλοντος, αφαιρεί περίπου το 90% των συνολικών καροτενοειδών από φλούδα πορτοκαλιού. Η διαβροχή της πρώτης ύλης με ενζυματικά παρασκευάσματα αυξάνει την απόδοση, αλλά μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα της πηκτίνης. Επομένως, θα πρέπει να εφαρμόζεται προσεκτικά όταν ανακτάται η πηκτίνη σε ένα επόμενο βήμα. Τα εκχυλισμένα καροτενοειδή μπορούν να ληφθούν ως ακατέργαστη χρωστική ουσία, μετά την εξάτμιση του διαλύτη σε χαμηλή θερμοκρασία, εάν πραγματοποιήθηκαν προηγούμενες εκπλύσεις. Εναλλακτικά, απαιτείται ένα στάδιο καθαρισμού με μεταφορά διαλύτη-διαλύτη σε εξάνιο (solvent-solvent transfer to hexane) (Oreopoulou and Tzia, 2007).

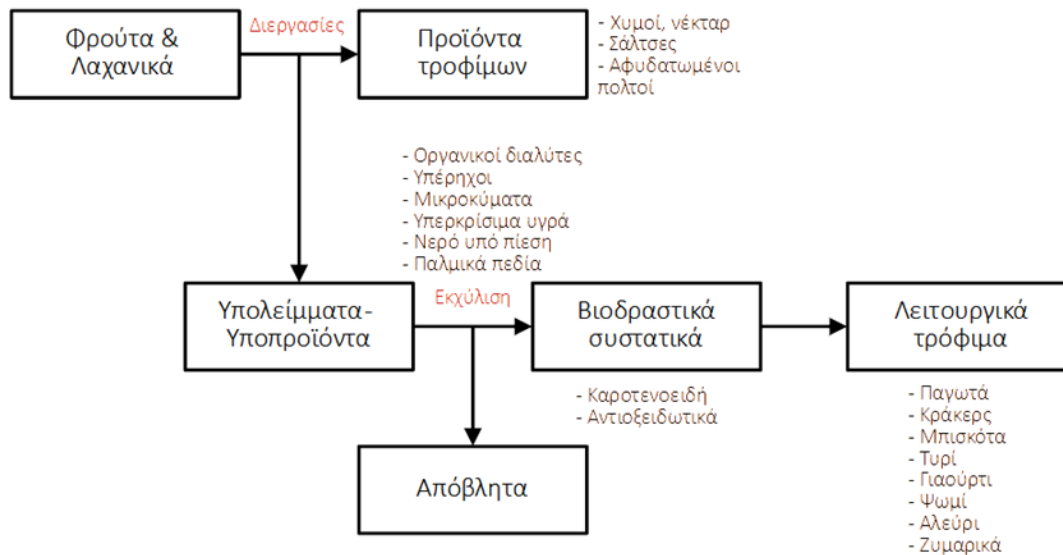
Η συμβατική εκχύλιση των καροτενοειδών που πραγματοποιείται με διαβροχή χρησιμοποιώντας νερό ή οργανικούς διαλύτες, όπως περιεγράφηκε παραπάνω, είναι μία τεχνική αρκετά χρονοβόρα και απαιτεί χρήση μεγάλου όγκου διαλυτών. (Luengo *et al.*, 2014) Υπάρχουν νέες μέθοδοι που έχουν καλύτερη απόδοση, μικρότερο χρόνο εκχύλισης βιοδραστικών ενώσεων και γίνεται χρήση μικρότερης ποσότητας διαλυτών. Τέτοιες μέθοδοι είναι η εκχύλιση υποβοηθούμενη από ένζυμα (enzyme aided extraction), η υπερκρίσιμη εκχύλιση, υγρή εκχύλιση υπό πίεση (pressured liquid extraction), μικροκύματα, παλμικά ηλεκτρικά πεδία ή υπέρηχοι. Οι Luengo *et al* (2014) στην έρευνα τους παρατήρησαν ότι η απόδοση εκχύλισης καροτενοειδών από υπολείμματα ντομάτας με τη χρήση υπέρηχων αυξήθηκε. Οι υπέρηχοι είναι μια μη θερμική τεχνολογία που έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη βελτίωση της εκχύλισης θερμικά ασταθών ενώσεων. Αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση του υπερήχου στην εξαγωγή βιοδραστικών ενώσεων, όπως πολυφαινόλων ή καροτενοειδών από διαφορετικά φυτικά υποπροϊόντα. Η εφαρμογή υπερήχων κατά τη διάρκεια ολόκληρου του σταδίου διαβροχής αύξησε την απόδοση εκχύλισης πολυφαινόλων φλούδας πορτοκαλιού περίπου 40% και καροτενοειδών από ντομάτα αφυδατωμένη με κατάψυξη (freeze-dried tomato) έως 100% (Luengo *et al.*, 2014).

2.1.2.2. Εκχύλιση αντιοξειδωτικών

Τα αντιοξειδωτικά χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα ενζυματικά και τα μη ενζυματικά. Υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός αντιοξειδωτικών, με κάποια από αυτά να θεωρούνται πιο σημαντικά και να έχουν μελετηθεί αρκετά και από τη βιομηχανία τροφίμων. Στα μη ενζυματικά ανήκουν τα καροτενοειδή, τα οποία συζητήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, οι βιταμίνες A, C (ασκορβικό οξύ), E (τοκοφερόλες) και K, και οι πολυφαινόλες που χωρίζονται σε φαινολικά οξέα και φλαβονοειδή (Emad A. Shalaby, 2013).

Τα αντιοξειδωτικά έχουν αντιοξειδωτική δράση, δηλαδή δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες, με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται η οξειδωτική τάγγιση και έτσι προστατεύουν τα έλαια, τα λίπη και τα λιποδιαλυτά συστατικά και καθυστερείτε η ανάπτυξη δυσάρεστων αρωμάτων και οσμών που προκύπτουν από την οξείδωση. Υποπροϊόντα όπως φλούδες και σπόροι σταφυλιών, φλούδα και πολτός εσπεριδοειδών, υπολείμματα μήλου, φλούδες πατάτας, υποπροϊόντα κρεμμυδιού κ.λπ., είναι πλούσια σε ενώσεις με αντιοξειδωτική δράση. Τα υπολείμματα ελαιούχων σπόρων που απομένουν μετά την εκχύλιση λαδιού, τα υπολείμματα από την παραγωγή ελαιόλαδου και τα υποπροϊόντα από την επεξεργασία δημητριακών είναι άλλες πιθανές πηγές αντιοξειδωτικών (Oreorouliou and Tzia, 2007).

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα εκχύλισης των αντιοξειδωτικών, όπως ο χρόνος εκχύλισης, η χρησιμοποιούμενη τεχνική, ο τύπος του διαλύτη, η θερμοκρασία και σε ορισμένες περιπτώσεις το pH (Pattnaik *et al.*, 2021). Μη πολικοί διαλύτες (εξάνιο, πετρελαϊκός αιθέρας) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση τοκοφερόλων και ορισμένων φαινολικών τερπενίων. Ο αιθυλαιθέρας και ο οξικός αιθυλεστέρας είναι πολύ αποτελεσματικοί για την ανάκτηση φλαβονοειδών αγλυκόνων, φαινολών χαμηλού μοριακού βάρους και φαινολικών οξέων. Διαλύτες υψηλότερης πολικότητας (μίγματα αιθανόλης ή αιθανόλης-νερού) μπορούν επίσης να εκχυλίσουν φλαβονοειδείς γλυκοζίτες και φαινόλες υψηλότερου μοριακού βάρους. Ωστόσο, πολλές ανεπιθύμητες ουσίες συχνά εξάγονται στην τελευταία περίπτωση και απαιτείται καθαρισμός για την απομόνωση του αντιοξειδωτικού κλάσματος (Oreorouliou and Tzia, 2007). Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται η πορεία αξιοποίησης των βιοδραστικών συστατικών από την εκχύλιση αυτών έως την ανάπτυξη λειτουργικών τροφίμων. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 υπάρχουν διάφοροι τρόποι εκχύλισης και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν και συνδυαστικά για καλύτερη απόδοση εκχύλισης φαινολικών.

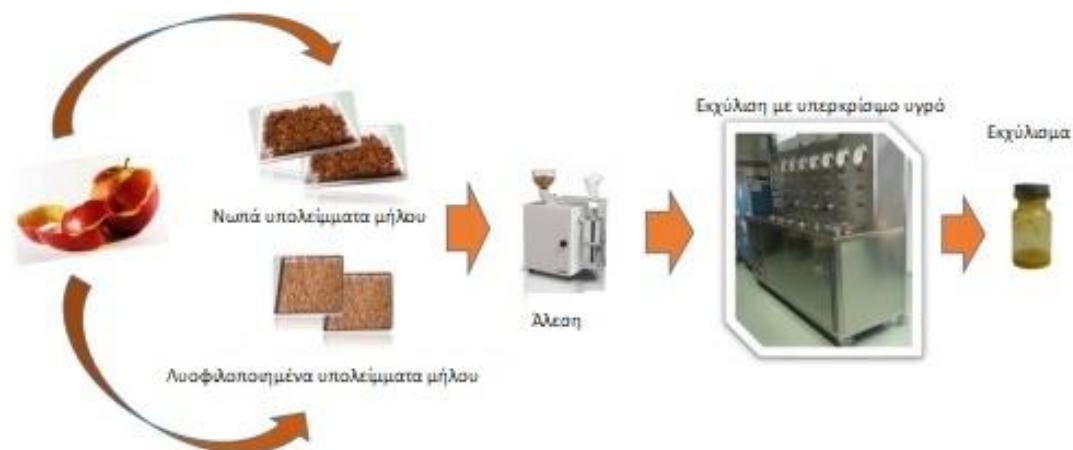


Εικόνα 1. Επισκόπηση χρήσης υποπροϊόντων φρούτων και λαχανικών (τροποποίηση από πηγή Pattnaik et al., 2021)

Υπάρχει τεράστιος αριθμός ερευνών που σχετίζονται με την εκχύλιση των αντιοξειδωτικών από φυτικά υπολείμματα και προσπάθειες βελτίωσης των αποτελεσμάτων. Οι Pattnaik et al. (2021) στην βιβλιογραφική τους ανασκόπηση με θέμα τις καινοτόμες τεχνολογίες εκχύλισης βιοδραστικών συστατικών από φυτικά απόβλητα έχουν συγκεντρώσει πολλές έρευνες που γίνεται χρήση καινοτόμων τεχνικών. Οι βασικές τεχνικές, πέρα από την εκχύλιση με κάποιο διαλύτη, είναι η εκχύλιση υποβοηθούμενη από μικροκύματα, εκχύλιση με υπέρηχο, εκχύλιση με υγρό υπό πίεση, εκχύλιση με υπερκρίσιμο υγρό, εκχύλιση με νερό υπό πίεση, και τέλος εκχύλιση με τη βοήθεια παλμικών πεδίων. Είναι ξεκάθαρο, ότι την τελευταία δεκαετία, όλο και πιο συχνά οι εκχυλίσεις υποβοηθούνται από κάποια καινοτόμα τεχνολογία ή από συνδυασμό αυτών (Pattnaik et al., 2021).

Οι Ferrentino et al. (2018) στην έρευνα τους χρησιμοποίησαν την εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO₂, σε δύο διαφορετικές πιέσεις και θερμοκρασίες, καθώς και έκαναν δοκιμή με παρουσία ή απουσία αιθανόλης ως διαλύτη συνδυαστικά. Όλες οι τεχνικές εκχύλισης πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα αφυδατωμένων υπολειμμάτων μήλου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα που ελήφθησαν από την εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO₂, και που διεξήχθησαν στα 30 MPa και στους 45°C για 2 h με αιθανόλη (5%) ως συν-διαλύτη, οδήγησαν σε υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση (5,63 ± 0,10 mg TEA / g εκχυλίσματος) από τις συμβατικές τεχνολογίες εκχύλισης όπως το Soxhlet με αιθανόλη (2,05 ± 0,21 mg TEA / g εκχυλίσματος) και διαβροχή με βραστό νερό (1,14 ± 0,01 mg TEA / g εκχυλίσματος). Η συγκεκριμένη μελέτη

είναι μία από τις πρώτες έρευνες για την εκτίμηση της επίδρασης του υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα στην εκχύλιση αντιοξειδωτικών από υπολείμματα μήλου (Ferrentino *et al.*, 2018). Στην Εικόνα 2 φαίνεται μία σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας.



Εικόνα 2. Εκχύλιση ολικών φαινολικών από υπολείμματα μήλου (τροποποίηση από πηγή Ferrentino *et al.*, 2018)

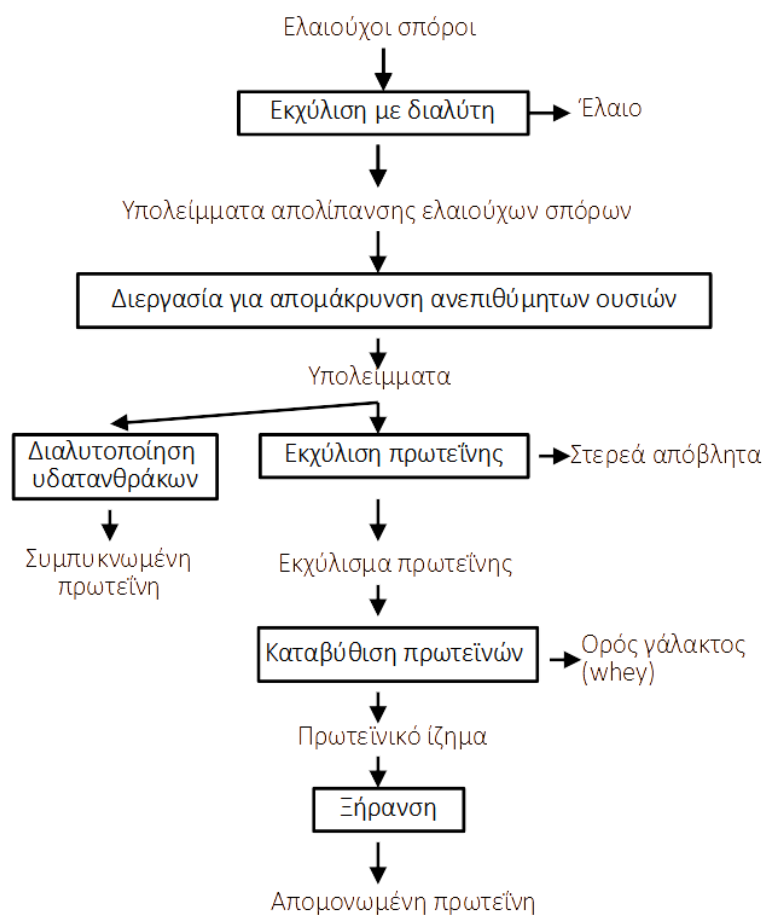
Σε μία άλλη έρευνα οι Teh *et al.* (2015) ενσωμάτωσαν τις τεχνολογίες των μικροκυμάτων και των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (PEF) με σκοπό να βελτιστοποιήσουν την εκχύλιση πολυφαινολών από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων *canola*. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις παράμετροι στην επεξεργασία με μικροκύματα: ισχύς, χρόνος και αναλογία υγρού: στερεού. και τέσσερις παραμέτρους για τα παλμικά πεδία: συγκέντρωση αιθανόλης, χρόνος, συχνότητα και τάση. Μετά από τις προ επεξεργασίες με μικροκύματα και παλμικά πεδία, οι πολυφαινόλες των υπολειμμάτων σπόρων *canola* εκχυλίστηκαν με επεξεργασία υπερήχων υπό σταθερές συνθήκες (ισχύς υπέρηχων: 200 W, 70°C υδατόλουτρου και 20 min χρόνου εκχύλισης). Μετρήθηκαν η ολική συγκέντρωση φαινολικών και φλαβονοειδών μεταξύ άλλων. Η έρευνα καταλήγει δηλώνοντας ότι οι εκχυλίσεις με τη βοήθεια μικροκυμάτων και PEF βρέθηκαν να είναι οι κατάλληλες τεχνολογίες για ενσωμάτωση σε διαδικασίες βελτιστοποίησης της συνολικής απόδοσης φαινολικών και φλαβονοειδών από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων *canola*. Οι βέλτιστες συνθήκες για εκχύλιση υποβοηθούμενη από παλμικά ηλεκτρικά πεδία βρέθηκαν να είναι: τάση 30 V, συχνότητα 30 Hz, συγκέντρωση αιθανόλης 10% και χρόνος έκθεσης 10 s. Αντίστοιχα, οι βέλτιστες συνθήκες για εκχύλιση υποβοηθούμενη από μικροκύματα βρέθηκαν να είναι: χρόνος προ επεξεργασίας με μικροκύματα 5 min, αναλογία υγρού: στερεού L: S (6 mL/g) και η ηλεκτρομαγνητική ισχύς 633,33 W. Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι και οι δύο τεχνολογίες δούλεψαν οικονομικά στις εκχυλίσεις πολυφαινολών καθώς απαιτούσαν λιγότερη χρήση διαλύτη και μικρότερο χρόνο εκχύλισης για μέτρια

ισχύ μικροκυμάτων, και για χαμηλότερη τάση και συχνότητα για τα παλμικά πεδία. Δηλώνεται, επίσης, ότι σε υψηλότερη ισχύς, τάση και συχνότητα, αντίστοιχα, παρατηρήθηκε χαμηλότερη απόδοση στην εκχύλιση πολυφαινολών. (Teh *et al.*, 2015)

2.1.2.3. Εκχύλιση πρωτεϊνών

Τριάντα έως τριάντα πέντε εκατομμύρια μετρικοί τόνοι ελαιούχων σπόρων μεταποιούνται στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Παράγονται δύο προϊόντα: το λάδι, που είναι κυρίως για κατανάλωση από τον άνθρωπο και τα υπολείμματα απολίπανσης αυτών (oilseed meals/cakes), τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως ως ζωτροφή. Τα φασόλια σόγιας (soybeans) είναι από τους βασικότερους ελαιούχους σπόρους (αποτελούν περίπου 50% του συνόλου), ακολουθούν η ελαιοκράμβη (rapeseeds) (περίπου 33%) και οι ηλιόσποροι (περίπου 18%). Οι ελαιούχοι σπόροι περιέχουν ποσότητα ελαίου της τάξης 17-47%. Τα υπολείμματα απολίπανσης ελαιούχων σπόρων προκύπτουν μετά την εκχύλιση του ελαίου από τους σπόρους, είτε με μηχανική συμπίεση ή εκχύλιση με διαλύτη. Τα υπολείμματα απολίπανσης ελαιούχων σπόρων είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, των οποίων οι θρεπτικές ιδιότητες καθορίζονται από τη σύνθεση των αμινοξέων τους, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποπροϊόντα για την κατασκευή βρώσιμων προϊόντων. Η χρήση τους στην ανθρώπινη διατροφή είναι περιορισμένη λόγω της παρουσίας φαινολικών ουσιών, μειωμένων σακχάρων ή ακόμη και τοξικών παραγόντων. Για παράδειγμα, η σόγια έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μεταξύ όλων των ελαιούχων σπόρων, περιέχει 43% πρωτεΐνη και τα υπολείμματα απολίπανσης της 52% πρωτεΐνη σε ξηρή βάση. Παρόλο που το σογιέλαιο είναι το κυρίαρχο φυτικό έλαιο παγκοσμίως, η κύρια οικονομική αξία της σόγιας βρίσκεται στην πρωτεΐνη. Όμως, η σόγια περιέχει και κάποια ανεπιθύμητα συστατικά, όπως αναστολείς τρυψίνης (trypsin inhibitors), αιμοσυγκολλητίνες (hemagglutinins), φυτικό οξύ, σαπωνίνες και ένζυμα. Τα υπολείμματα απολίπανσης σπόρων σόγιας χρησιμοποιούνται κυρίως ως ζωτροφή. Ωστόσο, ορισμένα μεταποιούνται σε προϊόντα πρωτεΐνης, τα οποία ενσωματώνονται στα τρόφιμα. (Oreopoulou and Tzia, 2007)

Πολλές μέθοδοι και διεργασίες έχουν αναπτυχθεί για την εκχύλιση ή απομόνωση των πρωτεϊνών από πρωτεϊνούχα υλικά τροφίμων. Ειδικότερα, αυτές οι διεργασίες περιλαμβάνουν είτε καθαρισμό (purification) πρωτεΐνης με απομάκρυνση συστατικών μη πρωτεϊνικών (π.χ. με διαλυτοποίηση υδατανθράκων) ή ανάκτηση πρωτεΐνης με εκχύλιση και καταβύθιση (precipitation). Προϊόντα που προέρχονται από αυτές τις διεργασίες είναι η συμπυκνωμένη πρωτεΐνη και η απομονωμένη πρωτεΐνη, αντίστοιχα. Η πλήρης αξιοποίηση ελαιούχων σπόρων ως πηγή πρωτεΐνης που παρέχουν τα διάφορα προϊόντα πρωτεΐνης απεικονίζεται στην Εικόνα 3 (Oreopoulou and Tzia, 2007).



Εικόνα 3. Διάγραμμα ροής: πλήρης αξιοποίηση ελαιούχων σπόρων ως πηγές πρωτεΐνης (τροποποίηση από πηγή Oreoroulou & Tzia, 2007)

Τα πρωτεϊνικά προϊόντα κατηγοριοποιούνται βάσει της περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες ως πρωτεϊνικά άλευρα, συμπυκνώματα και προϊόντα απομόνωσης με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες περίπου 50%, 70% και υψηλότερη από 95%, αντίστοιχα. Αυτά τα προϊόντα προέρχονται συνήθως από ελαιούχους σπόρους και συχνότερα από τη σόγια (Oreoroulou and Tzia, 2007).

2.2. Ελαιούχοι σπόροι

Ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός της γης, που ακολουθεί εκθετική πορεία τα τελευταία δέκα χρόνια, αποτελεί σημαντική πρόκληση για τα αποθέματα πρωτεΐνης. Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) προειδοποιεί ότι στο εγγύς μέλλον θα υπάρχει περιορισμένη ποσότητα από διαθέσιμη πρωτεΐνη και τονίζει ότι η λήψη επαρκούς και κατάλληλης ποσότητας πρωτεϊνών είναι θεμελιώδες δικαίωμα για όλους τους πολίτες. Τα Ηνωμένα Έθνη (ΟΗΕ) προτείνουν να υπάρχει μία ισορροπία στις πηγές πρόσληψης των πρωτεϊνών, να είναι τόσο ζωικής προέλευσης, όσο και φυτικής. Παρόλα αυτά, στις ανεπτυγμένες χώρες, η κατανάλωση ζωικών πρωτεϊνών συνεχίζει να αυξάνεται (Arrutia *et al.*, 2020).

Οι φυτικές πρωτεΐνες είναι οικονομικότερες σε σχέση με τις ζωικές, όσον αφορά την τιμή της αγοράς, αλλά και όσον αφορά το περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχουν. Εκτιμάται ότι χρειάζονται 4,9 κιλά φυτικών πρωτεϊνών για την παραγωγή ενός κιλού ζωικών πρωτεϊνών. Επιπλέον, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι υψηλότερες κατά την παραγωγή τροφίμων με βάση τα ζώα σε σχέση με φυτικής προέλευσης τρόφιμα. Μία ακόμα συνθήκη που έχει κλονίσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών για τα ζωικά προϊόντα είναι κάποιες σοβαρές ασθένειες που μπορεί να πλήξουν τα ζώα, όπως η σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών, όπως επίσης η μόλυνση από διοξίνες ή η χρήση ζωικών ορμονών. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα στις φυτικές πρωτεΐνες. Οι φυτικές πρωτεΐνες συνήθως έχουν ανεπάρκεια σε αμινοξέα που περιέχουν θείο, συγκεκριμένα μεθειονίνη (Met), λυσίνη (Lys), τρυπτοφάνη (Trp) και θρεονίνη (Thr). Επιπλέον, περιέχουν αντιθρεπτικούς παράγοντες (antinutritional factors) ή αντιθρεπτικά συστατικά (antinutrients) (συστατικά που μειώνουν την απορρόφηση άλλων θρεπτικών ουσιών). Τέλος, σύμφωνα με τις προτιμήσεις των καταναλωτών, πολλά προϊόντα φτιαγμένα από φυτικές πρωτεΐνες είναι λιγότερο ελκυστικά σε σχέση με αυτά που παρασκευάζονται από ζωικές πρωτεΐνες όσον αφορά τη γεύση, το χρώμα και την υφή (Arrutia *et al.*, 2020).

Τα τελευταία χρόνια οι ελαιούχοι σπόροι και τα λάδια που προκύπτουν από αυτούς γίνονται όλο και πιο δημοφιλή συστατικά, με αποτέλεσμα να παρατηρείται αύξηση και στην καλλιέργειά τους. Οι ελαιούχοι σπόροι αποτελούνται από τουλάχιστον 15% λιπαρά, και ταυτόχρονα, αποτελούν πολύτιμη πηγή πρωτεΐνης. Κατά την ψυχρή εκχύλιση ελαίου από τους σπόρους, προκύπτει ένα υποπροϊόν γνωστό ως πίτα ελαιούχων σπόρων (cake/ oilcake/ oilseed cake), το οποίο είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες και φυτικές ίνες. Όταν οι σπόροι ψήνονται πριν γίνει η εκχύλιση του ελαίου και η εκχύλιση του γίνεται με οργανικούς διαλύτες, το υποπροϊόν που προκύπτει είναι γνωστό ως άλευρο ελαιούχων σπόρων ή χοντρό άλεσμα ελαιούχων σπόρων (meal/ oilseed meal) Τα υπολείμματα απολίπανσης ελαιούχων σπόρων, είτε η πίτα, είτε το άλευρο, χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια ως συστατικά ζωοτροφών (Kotecka-Majchrzak *et al.*, 2020).

Όμως, τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται κατά κόρον και για ανθρώπινη κατανάλωση. Οι ελαιούχοι σπόροι, ολόκληροι ή αλεσμένοι χρησιμοποιούνται ως καρυκεύματα ή πρόσθετα συστατικά, μεταξύ άλλων, σε προϊόντα αρτοποιίας και κρέατος. Τα έλαια χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παραγωγή μαργαρίνης, ή στη ζαχαροπλαστική, αρτοποιία, ακόμα και σε προϊόντα κρέατος. Επίσης, τα μη επεξεργασμένα έλαια ψυχρής εκχύλισης πωλούνται συχνά σε μικρά σκούρα μπουκάλια για να χρησιμοποιηθούν σε σαλάτες και γενικά στη μαγειρική για εμπλουτισμό γεύσης, και για ενίσχυση στα θρεπτικά συστατικά,

μιας και είναι πλούσια σε βασικά ακόρεστα λιπαρά οξέα ω-3 και ω-6 και σε διάφορες βιοδραστικές ενώσεις, όπως φυτοστερόλες, τοκοφερόλες και φαινολικές ενώσεις, καθώς και βιοδραστικές πρωτεΐνες και πεπτίδια. Τα υπολείμματα απολίπανσης των ελαιούχων σπόρων έχουν δοκιμαστεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καθαρής πρωτεΐνης (protein isolate) και για προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών (Kotecka-Majchrzak *et al.*, 2020). Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή τροφίμων, ως πρόσθετα ή αντικαθιστώντας το αλεύρι σίτου, για ενίσχυση των θρεπτικών συστατικών. Για παράδειγμα οι Grasso *et al.* (2020) στη μελέτη τους, χρησιμοποίησαν αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης ηλιόσπορου (defatted sunflower seeds flour) για την παραγωγή *muffins*, αντικαθιστώντας το αλεύρι σίτου. Ο σκοπός της μελέτης τους ήταν να αξιολογήσουν την επίδραση της προσθήκης αυτής στα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των γλυκών αρτοσκευασμάτων. Κατέληξαν στο ότι αυξήθηκε η περιεχόμενη ποσότητα σε πρωτεΐνες, και μειώθηκε η ποσότητα υδατανθράκων. Σε μία άλλη έρευνα, οι Prakash *et al.* (2018) αντικατέστησαν αλεύρι σίτου με αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης από σπόρους σησαμιού. Ο σκοπός ήταν να ενισχύσουν τα θρεπτικά συστατικά μπισκότων, και τελικά βρήκαν ότι το ποσοστό των πρωτεϊνών αυξήθηκε, καθώς και των φυτικών ινών, ενώ μειώθηκε η ποσότητα των υδατανθράκων.

Πάνω από 200 είδη ελαιούχων φυτών καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο. Τα πιο σημαντικά στην παραγωγή τροφίμων είναι η σόγια, η ελαιοκράμβη, ο ηλιόσπορος, η καρύδα, η ελιά και το φιστίκι. Ο λιναρόσπορος και το σουσάμι χρησιμοποιούνται σε μικρότερο βαθμό. Τα τελευταία χρόνια, έχουν αρχίσει και χρησιμοποιούνται και κάποιοι ακόμα σπόροι, όπως οι σπόροι chia, σπόροι κάνναβης, και κολοκυθόσποροι (Kotecka-Majchrzak *et al.*, 2020).

Τόσο για τις ζωοτροφές όσο και για τις τροφές προς ανθρώπινη κατανάλωση, η μελέτη της σύνθεσης αμινοξέων των πρωτεϊνών είναι υψίστης σημασίας. Είναι η παράμετρος στην οποία βασίζονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα των πρωτεϊνών, τη διατροφική αξία ή την πεπτικότητα. Επιπλέον, η αλληλουχία αμινοξέων επηρεάζει τη λειτουργικότητα της πρωτεΐνης (διαλυτότητα, σχηματισμός πηκτής, ικανότητα αφρισμού, κ.λπ.), και επομένως τη σύνθεση των τροφών και ζωοτροφών (Arrutia *et al.*, 2020).

2.2.1. Σύνθεση αμινοξέων

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την χημική σύνθεση των ελαιούχων σπόρων, όπως το είδος του σπόρου, η περιοχή καλλιέργειας, ο τύπος του εδάφους, οι γεωργικές πρακτικές, οι κλιματολογικές συνθήκες και οι συνθήκες επεξεργασίας. Για παράδειγμα, η έλλειψη του νερού και οι ασθένειες των φυτών είναι δύο ανεξέλεγκτες περιβαλλοντικές μεταβλητές που θα επηρεάσουν την ανάπτυξη του φυτού, και άρα και τον σπόρο. Σημαντικό ρόλο για τις πρωτεΐνες παίζει η λίπανση, και κυρίως η εφαρμογή αζώτου, καθώς είναι το κύριο συστατικό που

απαιτείται για την παραγωγή αμινοξέων και πρωτεϊνών (Arrutia *et al.*, 2020). Στον Πίνακα 3 που ακολουθεί απεικονίζεται η σύγκριση της βασικής σύνθεσης αμινοξέων πρότυπης πρωτεΐνης κατά WHO/FAO με τις συνθέσεις αμινοξέων βασικών ελαιούχων σπόρων.

Πίνακας 3. Βασική σύνθεση αμινοξέων κυριότερων ελαιούχων σπόρων g/100g (τροποποίηση από πηγή Kotecka-Majchrzak *et al.*, 2020)

Αμινοξέα	Ισολευκίνη	Λευκίνη	Λυσίνη	Μεθειονίνη	Κυστεΐνη	Φαινυλαλανίνη	Τυροσίνη	Θρεονίνη	Τρυπτοφάνη	Βαλίνη	Σύνολο
Βασική Πρωτεΐνη	3,01	5,30	4,50	2,21	-	3,81	-	2,30	0,61	3,90	25,64
Σπόροι Σόγιας	1,97	3,47	2,37	0,59	0,80	2,25	1,35	1,63	0,57	1,94	16,94
Σπόροι Chia	0,73	1,35	0,98	0,80	0,53	1,10	0,58	0,76	0,79	0,93	8,55
Καρύδα	0,22	0,43	0,31	0,12	0,11	0,29	0,16	0,22	0,06	0,35	2,27
Λιναρόσπορος	0,87	1,18	0,75	0,32	0,32	0,95	0,53	0,72	0,30	1,07	7,01
Σπόροι Κάνναβης	1,29	2,16	1,28	0,93	0,67	1,45	1,26	1,27	0,37	1,78	12,46
Σπόροι Γαϊδουράγκαθου	5,41	9,84	7,38	2,46	2,16	6,10	5,41	5,12	-	7,97	51,85
Μαύρο Κύμινο	0,64	1,11	0,63	0,23	0,16	0,64	0,54	0,63	0,12	0,82	5,54
Κολοκυθόσπορος	1,29	2,49	1,36	0,73	0,39	1,81	1,19	1,04	0,61	1,71	12,62
Ελαιοκράμβη	1,25	2,51	2,04	0,47	0,59	1,44	0,99	1,59	0,43	1,55	12,86
Σουσάμι	0,79	1,48	0,64	0,67	0,43	0,99	0,78	0,80	0,37	1,02	7,97
Ηλιόσπορος	0,92	1,40	0,86	0,53	0,38	1,05	0,57	0,81	0,35	1,11	7,98

Από ότι φαίνεται στον Πίνακα 3, το άθροισμα των αμινοξέων ποικίλει, έχοντας μεγάλο εύρος τιμών, μεταξύ του 2,27g/100g για την καρύδα και 51,85g/100g για το αλεύρι από σπόρους γαϊδουράγκαθου (milk thistle flour). Η πρότυπη πρωτεΐνη έχει άθροισμα 25,64g/100g (Kotecka-Majchrzak *et al.*, 2020).

Τα αμινοξέα που βρίσκονται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις στις πρωτεΐνες ελαιούχων σπόρων είναι η λευκίνη και η βαλίνη, ενώ τα αμινοξέα που περιέχουν θείο, δηλαδή η μεθειονίνη, η κυστεΐνη και η τρυπτοφάνη βρίσκονται σε χαμηλότερες ποσότητες. Ωστόσο, υπάρχουν εξαιρέσεις για τις πρωτεΐνες σπόρων chia (9%), κάνναβης (8%) και σουσαμιού (8%) που είναι σχετικά πλούσιες σε μεθειονίνη. Αυτές οι τιμές είναι σε επίπεδο συγκρίσιμο με την περιεκτικότητα του κοτόπουλο σε μεθειονίνη (9%).

Σε γενικές γραμμές, οι πρωτεΐνες ελαιούχων σπόρων έχουν σχετικά καλά ισορροπημένο προφίλ, αλλά η περιεκτικότητα σε αμινοξέα μπορεί να μεταβληθεί κατά την εκχύλιση

βιομηχανικού ελαίου και την περαιτέρω θερμική επεξεργασία (Kotecka-Majchrzak *et al.*, 2020). Για παράδειγμα, στην περίπτωση του ηλιόσπορου, που θεωρείται μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων, μαζί με τη σόγια και την ελαιοκράμβη, παρατηρείται μεγάλη διαφορά μεταξύ της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στον σπόρο και στα υπολείμματα απολίπανσης αυτού. Ειδικότερα, ολόκληρος ο σπόρος περιέχει 10-27% πρωτεΐνη, ενώ στο υπόλειμμα απολίπανσης, το ποσοστό αυξάνεται στο 40% όταν το λάδι εκχυλίζεται μηχανικά και στο 50% όταν το λάδι απομακρύνεται με οργανικό διαλύτη. Στους αποφλοιωμένους σπόρους, το ποσοστό πρωτεΐνης μπορεί να φτάσει το 53-66% (Arrutia *et al.*, 2020). Από άλλη έρευνα γίνεται γνωστό ότι τα υπολείμματα απολίπανσης του σπόρου ελαιοκράμβης (σιναπόσπορος) έχουν υψηλές λειτουργικές ιδιότητες όσον αφορά την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες (37% και περισσότερο), λιπαρά με σύνθεση υψηλής ποιότητας λιπαρών οξέων (7-8%) και φυτικές ίνες (12-13%) (Ermosh *et al.*, 2021). Τα υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης έχουν 34% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και 60% σε φυτικές ίνες (Grasso, 2020).

2.2.2. Εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων

Στην παρούσα υποενότητα γίνεται μία σύντομη αναφορά σε εφαρμογές βασικών ελαιούχων σπόρων στην βιομηχανία τροφίμων της τελευταίας πενταετίας. Ειδικότερα, έγινε μία αναζήτηση για άρθρα της τελευταίας πενταετίας, σε εφαρμογές υπολειμμάτων απολίπανσης ελαιούχων σπόρων σε τρόφιμα προς ανθρώπινη κατανάλωση. Κατά την αναζήτηση έγινε έντονα αντιληπτό ότι η πλειοψηφία των εφαρμογών ήταν σε ζωοτροφές και πώς να βελτιώσουν τα θρεπτικά συστατικά ή την υφή αυτών. Παρόλα αυτά, στην παρούσα εργασία το ενδιαφέρον είναι γύρω από τους τρόπους αξιοποίησης των υπολειμμάτων σπόρων για την ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων πιο ενισχυμένων θρεπτικά.

Στον Πίνακα 4 που ακολουθεί βρίσκονται τα αποτελέσματα της αναζήτησης, δηλαδή εφαρμογές αξιοποίησης υπολειμμάτων απολίπανσης ελαιούχων σπόρων σε τρόφιμα προς ανθρώπινη κατανάλωση. Σε αρκετές από αυτές τις έρευνες έλαβε χώρα και οργανοληπτικός έλεγχος, κάτι το οποίο έχει μεγάλη σημασία γιατί ένα καινοτόμο προϊόν πρέπει να είναι, πέρα από θρεπτικότερο, και ελκυστικό και αρεστό από το καταναλωτικό κοινό.

Πίνακας 4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν την αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης ελαιούχων σπόρων σε τρόφιμα προς ανθρώπινη κατανάλωση

Ελαιούχος σπόρος	Τρόφιμο	Ιδιότητες που μελετήθηκαν	Αναφορές
Σπόρος γαϊδουράγκαθου	Μείγμα άλευρων	Φυσικοχημικές ιδιότητες, ανάλυση περιεκτικότητας σε μέταλλα, ρεολογικές ιδιότητες	(Apostol <i>et al.</i> , 2017)
Σπόρος ελαιοκράμβης	Αρτοσκευάσματα Άρτος	Δομικές ιδιότητες, φυσικοχημικές ιδιότητες, οργανοληπτική αξιολόγηση Δομικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, ρεολογία	(Ermosh <i>et al.</i> , 2021) (Dabija, Codină and Sidor, 2017)
Ηλιόσπορος	Μπισκότα <i>Muffins</i>	Φυσικοχημικές ιδιότητες, δομικές ιδιότητες, φαινολικά, αντιοξειδωτική δράση, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά Φυσικοχημικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	(Grasso <i>et al.</i> , 2019) (Grasso, Liu and Methven, 2020)
Κολοκυθόσπορος	Μπισκότα Άρτος χωρίς γλουτένη <i>Dressing</i> χαμηλών λιπαρών για σαλάτα <i>Muffins</i> Άρτος <i>Sangak</i>	Φυσικοχημικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, δομικές ιδιότητες, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά Φυσικοχημικές ιδιότητες, δομικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής Φυσικοχημικές, βιοδραστικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των υπολειμμάτων, ρεολογικές ιδιότητες του <i>dressing</i> Περιεκτικότητα σε λιπαρά, φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση των υπολειμμάτων και των <i>muffins</i> , υπολογισμός της θρεπτικής αξίας των <i>muffins</i> , οργανοληπτικά χαρακτηριστικά Φυσικοχημικές ιδιότητες, ρεολογικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	(Jukić <i>et al.</i> , 2019) (Coşkun, Pehlivanoğlu and Gülseren, 2020) (Tekin-Cakmak <i>et al.</i> , 2021) (Białek <i>et al.</i> , 2016) (Pourmohammadi, Hosseini Ghaboos and Jafarian, 2020)
Σπόρος μαύρου κύμινου	<i>Dressing</i> χαμηλών λιπαρών για σαλάτα	Φυσικοχημικές, βιοδραστικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των υπολειμμάτων, ρεολογικές ιδιότητες του <i>dressing</i>	(Tekin-Cakmak <i>et al.</i> , 2021)
Καρύδα	<i>Dressing</i> χαμηλών λιπαρών για σαλάτα	Φυσικοχημικές, βιοδραστικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των υπολειμμάτων, ρεολογικές ιδιότητες του <i>dressing</i>	(Tekin-Cakmak <i>et al.</i> , 2021)
Λιναρόσπορος	<i>Dressing</i> χαμηλών λιπαρών για σαλάτα Σνακ εκβολής με βάση μείγμα καλαμπόκι-ρύζι	Φυσικοχημικές, βιοδραστικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των υπολειμμάτων, ρεολογικές ιδιότητες του <i>dressing</i> Φυσικοχημικές ιδιότητες, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	(Tekin-Cakmak <i>et al.</i> , 2021) (Ganorkar <i>et al.</i> , 2016)
Σπόρος chia	Ζυμαρικά σίτου Ζυμαρικά χωρίς γλουτένη	Εκχύλιση φαινολικών, <i>In vitro</i> προσομοίωση γαστρεντερικής πέψης μαγειρεμένων ζυμαρικών, ολικά φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση, ιδιότητες ζυμαρικών Εκχύλιση φαινολικών, ολικά φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση, ιδιότητες ζυμαρικών	(Pigni <i>et al.</i> , 2020) (Menga <i>et al.</i> , 2017)
Σουσάμι	Μπισκότα	Φυσικοχημικές ιδιότητες, διατροφικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, οργανοληπτικός έλεγχος	(Prakash <i>et al.</i> , 2018)

2.2.2.1. Σπόρος Γαϊδουράγκαθου

Το γαϊδουράγκαθο (*Silybum marianum*) είναι μια πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών, όπως αμινοξέα, λιπαρά οξέα και μέταλλα. Το γαϊδουράγκαθο χρησιμοποιείται στη λαϊκή ιατρική εδώ και 2.000 χρόνια ως φάρμακο για την αντιμετώπιση μεγάλης ποικιλίας ιατρικών παθήσεων, κυρίως που έχουν σχέση με το ήπαρ, τα νεφρά και τη χοληδόχο κύστη. Διάφορα μέρη του φυτού μπορούν να καταναλωθούν ωμά ή μαγειρεμένα (Apostol *et al.*, 2017).



Εικόνα 4. Γαϊδουράγκαθο ανθός και σπόροι (πηγή Apostol et al., 2017)

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι οι σπόροι του γαϊδουράγκαθου μπορούν να θεωρηθούν ασφαλείς, καθώς μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει κάποια αναφορά για κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου και είναι πλούσιοι σε πρωτεΐνες, λιπαρά και ολικούς υδατάνθρακες, με συγκεντρώσεις από 19,1 έως 30,0%, 20,0 έως 30,0% και 24,2 στο 26,3%, αντίστοιχα (Apostol et al., 2017). Οι σπόροι γαϊδουράγκαθου περιέχουν μια σχετικά σημαντική ποσότητα λαδιού. Τα υπολείμματα απολίπανσης αυτών, συνήθως αποβάλλονται ως απόβλητο, περιέχουν όμως ευεργετικά συστατικά όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες (ειδικά διαιτητικές ίνες), μέταλλα και ορισμένα συστατικά που έχουν αντιοξειδωτικές ή αντιμικροβιακές ιδιότητες. (Apostol et al., 2017).

Οι Apostol et al. (2017) στην εργασία τους αντικατέστησαν μέρος αλεύρου σίτου με άλευρο από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων γαϊδουράγκαθου και μελέτησαν τις ιδιότητες των μειγμάτων αλευρών, με προοπτική να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αλεύρι γαϊδουράγκαθου στην παραγωγή αρτοσκευάσματος. Ο στόχος τους ήταν να αξιολογήσουν το χρώμα και τις ρεολογικές ιδιότητες της ζύμης, τα οποία είναι δύο βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά για τα αρτοσκευάσματα. Ειδικότερα, υπήρξαν τρία μείγματα αλεύρου σίτου με άλευρο γαϊδουράγκαθου σε αναλογίες 95:5, 90:10, και 85:15 αντίστοιχα. Περιληπτικά για τα αποτελέσματα, όσον αφορά το χρώμα το μείγμα έγινε σκουρότερο καθώς αυξήθηκε η ποσότητα αλεύρου γαϊδουράγκαθου και η διαφορά στο χρώμα ήταν ορατή από το ανθρώπινο μάτι. Για την περιεκτικότητα σε μέταλλα, γίνεται εύκολα αντιληπτό από τα αποτελέσματα ότι η περιεκτικότητα σε όλα τα υπάρχοντα μέταλλα αυξήθηκε, για παράδειγμα το ασβέστιο σχεδόν τετραπλασιάστηκε από 43.8 mg/100 g που ήταν για το σκέτο αλεύρι σίτου σε 175.03 mg/100 g με αντικατάσταση 15% αλεύρι γαϊδουράγκαθου και ο περιεχόμενος σίδηρος αυξήθηκε από 1.1 mg/100 g σε 13.01 mg/100 g με την αντικατάσταση 15% αλεύρου γαϊδουράγκαθου. Οι ρεολογικές παράμετροι διατηρήθηκαν εντός ορίων και έτσι είναι δυνατόν να διασφαλιστεί μια καλή τεχνολογική συμπεριφορά στην απόκτηση προϊόντων αρτοποιίας υψηλής ποιότητας (Apostol et al., 2017).

2.2.2.2. Σπόρος Ελαιοκράμβης/ Κανόλα

Ο σπόρος ελαιοκράμβης (rapeseed) είναι ο δεύτερος παραγόμενος ελαιούχος σπόρος στον κόσμο. Είναι μία πολλά υποσχόμενη πηγή πρωτεΐνης που εκφράζεται σε καλά ισορροπημένο προφίλ αμινοξέων και εξαιρετικά επιθυμητές τεχνολογικές και λειτουργικές ιδιότητες. Η ελαιοκράμβη θα μπορούσε να είναι μία λύση στην αγορά που κυριαρχείται από πρωτεΐνες σόγιας. Η ελαιοκράμβη κυρίως καλλιεργείται για το λάδι από τους σπόρους τους. Η Κανόλα - *Canola* (καναδικό λάδι, χαμηλής οξύτητας) είναι ποικιλία της ελαιοκράμβης. Αρχικά το λαδί ελαιοκράμβης δεν ήταν βρώσιμο, λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε γλυκοσινολικά και ερουκικό οξύ. Ο σπόρος κανόλα είναι απαλλαγμένος από τα ανθυγιεινά συστατικά Παρόλα αυτά, ο όρος κανόλα χρησιμοποιείται κυρίως στον Καναδά και την Αυστραλία, ενώ στην Ευρώπη προτιμάται το όνομα ελαιοκράμβη (Chmielewska *et al.*, 2020).

Τα υπολείμματα απολίπανσης ελαιοκράμβης, χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως ως ζωοτροφές σε δίαιτες μηρυκαστικών, χοίρων, πουλερικών ή υδατοκαλλιέργειας. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν αναφορές για τη χρήση αυτού του συστατικού ως τρόφιμο προς ανθρώπινη κατανάλωση, σε εμπορική κλίμακα, παρόλο που περιέχει πρωτεΐνες επαρκείς για την κάλυψη της ανθρώπινης ζήτησης σε απαραίτητα αμινοξέα (Chmielewska *et al.*, 2020).

Ακολουθούν δύο μελέτες που έχει γίνει χρήση άλευρου από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων ελαιοκράμβης, με σκοπό να μελετηθεί αν το συγκεκριμένο άλευρο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην αρτοποιία δίνοντας ψωμί ή αρτοσκευάσματα υψηλής θρεπτικής αξίας.

Οι Ermosh *et al.* (2021) στη μελέτη τους χρησιμοποίησαν διάφορες παραδοσιακές συνταγές αρτοσκευασμάτων με βάση τη μαγιά. Σε αυτές τις συνταγές αντικατέστησαν μέρος του άλευρου σίτου με άλευρο από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων ελαιοκράμβης και άλευρο από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων του είδους χαμαιλίνο (*camelina*) ή καμελίνα. Το αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων ελαιοκράμβης είναι μια θρυμματισμένη υγροσκοπική σκόνη σκούρου πράσινου χρώματος. Όταν είναι βρεγμένη η σκόνη σκουραίνει σε σκούρο καφέ χρώμα και γίνεται μαλακή, έχει μια ελαφριά χαρακτηριστική οσμή και είναι αδιάλυτη στο νερό. Το αλεύρι από καμελίνα είναι μια θρυμματισμένη σκόνη χρώματος κιτρινωπράσινου της ελιάς με ουδέτερη οσμή και είναι αδιάλυτο στο νερό. Κατέληξαν στο ότι η προσθήκη άλευρου ελαιοκράμβης στη βασική συνταγή έως 5% και άλευρου καμελίνας έως 10% επί του βάρους του άλευρου σίτου είχε παρόμοιο χαρακτήρα και θετική επίδραση στη διαδικασία ζύμωσης της ζύμης και στην οργανοληπτική αξιολόγηση. Ειδικότερα, τα τελικά προϊόντα με ελαιοκράμβη και καμελίνα είχαν ένα ευχάριστο κιτρινωπό μουσταρδί χρώμα, καλή σταθερότητα διαστάσεων και πορώδους. Παρατηρήθηκε αύξηση της θρεπτικής αξίας

των νέων τύπων προϊόντων αρτοποιίας συγκριτικά με τις βασικές συνταγές. Αυξήθηκε η συνολική ποσότητα πρωτεϊνών, διαιτητικών ινών, σιδήρου και βιταμινών Β. Λαμβάνοντας υπόψη τη γεύση, τα δείγματα με προσθήκη 5% από το αλεύρι υπολειμμάτων σπόρων ελαιοκράμβης πήραν την υψηλότερη βαθμολογία. Επειδή τα προϊόντα με μεγαλύτερο ποσοστό (10%, 15%) άφηναν μία πικρή επίγευση και είχαν έντονη γεύση και μυρωδιά ελαιοκράμβης. Ως αποτέλεσμα της οργανοληπτικής αξιολόγησης προτείνεται η αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων ελαιοκράμβης για ψωμάκια του τοστ, και αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης καμελίνας για ψωμί χάμπουργκερ και σάντουιτς (Ermosh *et al.*, 2021).

Σε μία άλλη μελέτη οι Dabija *et al.* (2017) εκχύλισαν τις πρωτεΐνες από τα υπολείμματα απολίπανσης σπόρων ελαιοκράμβης και τις πρόσθεσαν σε διαφορετικά ποσοστά (5%, 10%, 15% και 20%) σε αλεύρι σίτου, με σκοπό να φτιάξουν ψωμί. Περιληπτικά για τα αποτελέσματα, σε μικροσκοπικό επίπεδο παρατήρησαν ότι τα τελικά προϊόντα με υψηλότερα ποσοστά πρωτεϊνών ελαιοκράμβης, είχαν λιγότερους κόκκους αμύλου στο πλέγμα τους και περισσότερες πρωτεΐνες (και από το αλεύρι σίτου, και από το αλεύρι ελαιοκράμβης). Όσον αφορά τη ρεολογία του ζυμαριού παρατηρήθηκε μείωση των παραμέτρων που συνδέονται με την αντίσταση της ζύμης και την ενέργεια που απαιτείται για το φούσκωμα μέχρι το σημείο θραύσης της ζύμης, με την αύξηση των πρωτεϊνών ελαιοκράμβης. Αυτή η αλλαγή των ρεολογικών παραμέτρων μπορεί να αποδοθεί στη διαδικασία αναδιανομής του νερού μεταξύ των συστατικών του συστήματος, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, οι οποίες απορροφούν μεγαλύτερη ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερη ποσότητα ελεύθερου νερού στη ζύμη. Κατά συνέπεια, παρατηρήθηκε αύξηση του ιξώδους της ζύμης. Επιπλέον, η προσθήκη πρωτεϊνών ελαιοκράμβης, αυξάνει να μεν την ποσότητα πρωτεϊνών στη ζύμη, αλλά η ποσότητα της γλουτένης (μειώνεται με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το πλέγμα της γλουτένης, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντοχή της ζύμης και η ελασικότητά (extensibility) της (Dabija, Codină and Sidor, 2017).

2.2.2.3. Ηλιόσπορος

Ο ηλιόσπορος (*Helianthus annuus* L.) είναι μία από τις τρεις πιο σημαντικές καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων στον κόσμο. Τα υπολείμματα απολίπανσης του ηλιόσπορου έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (40-50%) και χρησιμοποιούνται κυρίως σε ζωοτροφές μηρυκαστικών. Τα υπολείμματα απολίπανσης περιέχουν απαραίτητα αμινοξέα (όπως λυσίνη, μεθειονίνη, κυστίνη, τρυπτοφάνη), μέταλλα, βιταμίνες της ομάδας Β, καθιστώντας αυτό το προϊόν ενδιαφέρον για ανθρώπινη κατανάλωση. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που έχουν να κάνουν με την υψηλή περιεκτικότητα σε αδιάλυτες ίνες, που περιέχονται στα υπολείμματα, με τους διαλύτες που χρησιμοποιούνται για την εκχύλιση του

ελαίου από τους σπόρους και με την παρουσία μη θρεπτικών συστατικών όπως αναστολείς πρωτεάσης, σαπωνίνες και αναστολείς αργινάσης. Για τη λύση αυτού το προβλήματος έχει χρησιμοποιηθεί υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας ατμός, για τη διάσπαση των αδιάλυτων ινών σε μικρότερες διαλυτές μονάδες διαιτητικών ινών, για την αποσύνθεση ορισμένων μη θρεπτικών ουσιών και ως μέθοδο αποστείρωσης. Η αμερικανική εταιρεία «Planetarians» χρησιμοποιεί ατμό σε υπολείμματα απολίπανσης ηλιόσπορου για να παράγει ένα εμπορικά διαθέσιμο αλεύρι ηλιόσπορου κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο (Grasso *et al.*, 2019).

Οι Grasso *et al.* (2019) χρησιμοποίησαν αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης ηλιόσπορων, αντικαθιστώντας το αλεύρι σίτου στην παραγωγή μπισκότων. Ειδικότερα αντικατέστησαν 18% και 36% με αλεύρι ηλιόσπορου. Η προσθήκη άλευρου από ηλιόσπορο μείωσε τη διάμετρο των μπισκότων, καθώς και το πάχος τους, λόγω της μείωσης της γλουτένης και της αύξησης των ινών. Επίσης, αυξήθηκε η σκληρότητα των μπισκότων, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Η φωτεινότητα μειώθηκε, καθώς το αλεύρι από σπόρους ηλιόσπορου είναι σκουρότερο σε σχέση με το αλεύρι σίτου. Η περιεχόμενη πρωτεΐνη και τα λιπαρά αυξήθηκαν, όπως επίσης και τα ολικά φαινολικά και η αντιοξειδωτική δράση. Τέλος, όσον αφορά την οργανοληπτική αξιολόγηση η αντικατάσταση 18% άλευρου σίτου με αλεύρι ηλιόσπορου οδήγησε σε προϊόντα που ήταν σημαντικά διαφορετικά σε δύο μόνο χαρακτηριστικά, στο καφέ χρώμα και στο άρωμα καμένου (*burnt*). Τα μπισκότα με 36% άλευρο ηλιόσπορου ήταν σημαντικά λιγότερο εύθρυπτα και με πικρότερη μετάγευση (Grasso *et al.*, 2019).

Οι Grasso *et al.* (2020) αντικατέστησαν 15% και 30% αλεύρι σίτου με αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων ηλιόσπορου στην παραγωγή *muffins*. Περιληπτικά για τα αποτελέσματα, με την αύξηση του άλευρου από ηλιόσπορο αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και μειώθηκε η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες. Η απώλεια βάρους κατά τον κλιβανισμό δεν επηρεάστηκε, αυξήθηκε το ύψος των *muffins* και μειώθηκε η ελαστικότητά τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης εικάζουν ότι το άλευρο από υπολείμματα ηλιόσπορου θα ήταν καταλληλότερο για εφαρμογές αλμυρά προϊόντα, όπως χάμπουργκερ ή χορτοφαγικές αλμυρές τροφές όπου η προσθήκη του θα μπορούσε να είναι λιγότερο αισθητή (Grasso, Liu and Methven, 2020).

2.2.2.4. Κολοκυθόσπορος

Η υψηλή θρεπτική αξία του κολοκυθόσπορου έχει αποδειχθεί με αρκετές μελέτες. Είναι φυσική πηγή πρωτεϊνών, καθώς επίσης περιέχει βασικά λιπαρά οξέα, πολυακόρεστα λιπαρά

οξέα, ω-3, ω-6 και ω-9 λιπαρά οξέα, βιταμίνες όπως καροτενοειδή τοκοφερόλες, φυτοστερόλες, χλωροφύλλες και ιχνοστοιχεία, όπως ψευδάργυρο και σελήνιο, και όλες αυτές οι πολύτιμες ενώσεις βρίσκονται και στο λάδι, καθώς και στα υπολείμματα απολίπανσης του σπόρου που απομένουν μετά την εκχύλιση του λαδιού.

Τα υπολείμματα απολίπανσης αλέθονται και χρησιμοποιούνται κυρίως σε ζωοτροφές, αν και λόγω της θρεπτικής τους αξίας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη και στη βιομηχανία τροφίμων. Τα υπολείμματα απολίπανσης του κολοκυθόσπορου είναι καλή πηγή πρωτεΐνης με σχετικά υψηλή πεπτικότητα, φυτικές ίνες και μέταλλα, αλλά περιέχει επίσης μια ολόκληρη σειρά πολύτιμων θρεπτικών ουσιών. Μετά την απομάκρυνση του ελαίου από το σπόρο, είναι πιθανό να μείνει ποσότητα ελαίου στα υπολείμματα, και το πόση ποσότητα θα μείνει εξαρτάται από τον τρόπο εκχύλισης του ελαίου (ψυχρή ή θερμή συμπίεση, εκχύλιση με διαλύτη ή εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO₂). Για οικονομικούς λόγους και λόγους απόδοσης, για τους μικρούς σπόρους επιλέγεται η ψυχρή συμπίεση και όχι η εκχύλιση με κάποιο διαλύτη. Μετά την ψυχρή συμπίεση μπορεί να παραμείνει στα υπολείμματα αρκετή ποσότητα λαδιού που σε ορισμένες περιπτώσεις, κυμαίνεται μεταξύ 30% και 35% σε ξηρή βάση (Jukic *et al.*, 2019).

Οι Jukic *et al.* (2019) στη μελέτη τους αντικατέστησαν μέρος αλεύρου σίτου με αλεύρι από υπολείμματα κολοκυθόσπορου για να φτιάξουν μπισκότα και επιπλέον, μείωναν την ποσότητα λιπαρών (μαργαρίνη) καθώς αυξανόταν η ποσότητα αλεύρου από κολοκυθόσπορο, λόγω της υψηλής του περιεκτικότητας σε έλαιο. Κατέληξαν στο ότι το αλεύρι κολοκυθόσπορου μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ως ένα λειτουργικό και θρεπτικά πολύτιμο υποκατάστατο του αλεύρου σίτου και της μαργαρίνης, ακόμη και σε ποσοότητες έως 60%, χωρίς σημαντική επιδείνωση της τεχνολογικής ποιότητας των μπισκότων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη αλεύρου κολοκυθόσπορου μείωσε ελαφρώς τη διάμετρο, το ύψος και τον όγκο των μπισκότων, αλλά παρήγαγε εξαιρετικά αποδεκτά μπισκότα με ελκυστικό πρασινωπό χρώμα και ευχάριστη ιδιαίτερη γεύση (Jukic *et al.*, 2019). Οι Bialek *et al.* (2016) στην έρευνα τους μελέτησαν την επίδραση του αλεύρου κολοκυθόσπορου από τα υπολείμματα απολίπανσης σε συνταγή για *muffins* για παιδιά. Περισσότερο από το 71% των παιδιών αξιολόγησαν *muffins* που περιείχαν 33% αλεύρι από κολοκυθόσπορο ως «νόστιμο» και «πολύ νόστιμο», και μετά από δύο εβδομάδες στους 10°C χωρίς κάποια ειδική συσκευασία (Bialek *et al.*, 2016). Οι Cuskun *et al.* (2020) στη μελέτη τους απομόνωσαν τις πρωτεΐνες από τα υπολείμματα απολίπανσης του κολοκυθόσπορου και τις πρόσθεσαν σε άρτο χωρίς γλουτένη. Γενικά ο άρτος χωρίς γλουτένη αντιμετωπίζει προβλήματα στη δομή λόγω της έλλειψης πρωτεϊνών (γλουτένη). Οπότε σε αυτή την έρευνα θέλησαν να δουν αν με την προσθήκη

πρωτεϊνών θα μπορούσε να βελτιωθεί η δομή και ταυτόχρονα να πετύχουν ένα θρεπτικότερο προϊόν. Βρήκαν ότι η προσθήκη πρωτεϊνών είχε μεγάλη επίδραση στις ιδιότητες του ζυμαριού, γι' αυτό το λόγο έφτιαξαν την συνταγή του άρτου με 3 διαφορετικές ποσότητες νερού, ενώ η ποσότητα της πρόσθετης πρωτεΐνης και τα υπόλοιπα συστατικά παρέμεινε σταθερή. Καθώς η ποσότητα του νερού αυξήθηκε, αυξήθηκε ο όγκος του άρτου και βελτιώθηκε η υφή του όσον αφορά τη σταθερότητα και την ελαστικότητα του (Coşkun, Pehlivanoglu and Gülseren, 2020). Οι Tekin-Cakmak et al. (2021) στην έρευνα τους χρησιμοποίησαν υπολείμματα απολίπανσης κολοκυθόσπορου, μαύρου κύμινου, καρύδας και λιναρόσπορου για τα θρεπτικά τους οφέλη, αλλά κυρίως για την περιεκτικότητά τους σε καλά λιπαρά για να φτιάξουν σάλτσες *dressing* για σαλάτες. Μελετήθηκαν οι φυσικοχημικές, βιοδραστικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των υποπροϊόντων και στη συνέχεια προσδιορίστηκε η ρεολογία τους και οι ιξωδοελαστικές ιδιότητες ώστε να δουν αν είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν για *dressing*. Κατέληξαν στο ότι όλα τα υποπροϊόντα είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. Επιπλέον, τα υπολείμματα λιναρόσπορου και κολοκυθόσπορου εμφάνισαν υψηλότερη περιεκτικότητα φαινολικών και αντιοξειδωτικών σε σχέση με τα υπόλοιπα υποπροϊόντα. Όσον αφορά τη ρεολογία του *dressing* όλα τα υποπροϊόντα αύξησαν τον ψευδοπλαστικό και ιξωδοελαστικό χαρακτήρα (*viscoelastic solid character*) του και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε *dressing* χαμηλών λιπαρών ως υποκατάστατο λιπαρών σε συγκεκριμένες αναλογίες (Tekin-Cakmak et al., 2021).

Συμπερασματικά, όλες οι παραπάνω έρευνες απέδειξαν το πόσο πλούσια θρεπτικά συστατικά εμπεριέχονται στα υπολείμματα απολίπανσης των σπόρων κολοκύθας και ότι είναι τεχνολογικά εφικτό να ενσωματωθούν σε διαφόρων ειδών αρτοσκευάσματα, καθώς και σε *dressings*.

2.2.2.5. Λιναρόσπορος

Ο λιναρόσπορος (*Linum usitatissimum* L.) έχει γίνει πολύ δημοφιλής ως λειτουργικό τρόφιμο ή συστατικό λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε βιοδραστικές ενώσεις που έχουν πολλά οφέλη στην υγεία των καταναλωτών. Το λινάρι καλλιεργείται παγκοσμίως είτε για τους ελαιούχους σπόρους του, που δίνουν λάδι, το λινέλαιο, είτε για τις ίνες του (λινό). Ο λιναρόσπορος είναι πλούσια πηγή λιπαρών οξέων ω-3 και για αυτό χρησιμοποιείται σε προϊόντα διατροφής για την ενίσχυση της θρεπτικής τους αξίας. Τα υπολείμματα απολίπανσης του λιναρόσπορου περιέχουν υψηλή ποσότητα διαιτητικών ινών, λιγνάνης και πρωτεϊνών. Μέχρι σήμερα κυρίως χρησιμοποιείται σε ζωοτροφές, αλλά αξίζει να διερευνηθεί η πιθανότητα ενσωμάτωσής του σε τρόφιμα (Ganorkar et al., 2016).

Οι Ganorkar et al. (2016) στη μελέτη τους πρόσθεσαν αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης λιναρόσπορου σε εξωθημένα σνακ που είχαν ως βάση μείγμα αλεύρων αραβόσιτου και ρυζιού. Μελετήθηκαν διάφορες παράμετροι που συνδέονται με τα εξωθημένα προϊόντα και την επίδραση που είχε σε αυτά η προσθήκη διαφορετικών ποσοτήτων (7,5% - 20%) του αλεύρου από λιναρόσπορο. Με τις κατάλληλες ρυθμίσεις στις παραμέτρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό το αλεύρι, και προτείνουν σαν βέλτιστη αναλογία 10% από αλεύρι λιναρόσπορου σε μείγμα με αλεύρι ρυζιού (Ganorkar et al., 2016).

2.2.2.6. Σπόρος Chia

Οι σπόροι Chia (*Salvia hispanica* L., Lamiales) είναι δημοφιλείς και καταναλώνονται εδώ και εκατοντάδες χρόνια από τους κατοίκους της κεντρικής Αμερικής. Έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι (25–38%) πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα υπολείμματα απολίπανσης των σπόρων chia είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες και αντιοξειδωτικά. Η χρήση αλεύρου chia έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και έχει αποδειχθεί επίσης πολύτιμη στην επεξεργασία προϊόντων χωρίς γλουτένη (Pigni et al., 2020).

Οι Menga et al. (2017) στη μελέτη τους πρόσθεσαν αλεύρι chia σε ζυμαρικά από αλεύρι ρυζιού χωρίς γλουτένη. Τα προϊόντα χωρίς γλουτένη είναι πλούσια σε άμυλο και υστερούν σε πρωτεΐνες. Η chia βελτίωσε το θρεπτικό προφίλ των ζυμαρικών (πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, φαινολικά, αντιοξειδωτική δράση), και μετά το βράσιμο η προσθήκη της μείωσε το γλυκαιμικό δείκτη που ως γνωστόν έχει υψηλό το αλεύρι ρυζιού (Menga et al., 2017). Οι Pigni et al. (2020) στην έρευνα του πρόσθεσαν αλεύρι από σπόρους chia, μετά από μερική εκχύλιση του ελαίου τους, σε ζυμαρικά σίτου, για να βελτιώσουν τα θρεπτικά τους συστατικά. Τα αποτελέσματα τους συμφωνούν με την έρευνα των Menga et al. (2017) όσον αφορά τη θρεπτική βελτίωση των ζυμαρικών. Επιπλέον απέδειξαν ότι ο βρασμός δεν επηρεάζει έντονα τα βιοδραστικά συστατικά που παρέχονται από το αλεύρι σπόρων chia (Pigni et al., 2020).

2.2.2.7. Σουσάμι

Το σουσάμι (*Sesamum indicum* L., Pedaliaceae) είναι μία από τις παλαιότερες και σημαντικότερες καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων στον κόσμο. Χρησιμοποιείται ευρέως σε αρτοσκευάσματα και στη ζαχαροπλαστική. Είναι πηγή καλών λιπαρών, πρωτεϊνών, υδατανθράκων, διαιτητικών ινών, ψευδαργύρου, μαγνησίου και πολλών άλλων μετάλλων και ιχνοστοιχείων. Τα υπολείμματα απολίπανσης του περιέχουν 50% πρωτεΐνη, υψηλή ποσότητα ασβεστίου (1,5 g / 100 g) και ακατέργαστες ίνες (10,8 g / 100 g) Συνήθως, αυτό το θρεπτικό υποπροϊόν χρησιμοποιείται ως τροφή για πουλερικά, ιχθυηρά και χοίρους ή απορρίπτεται ως απόβλητο. Τα

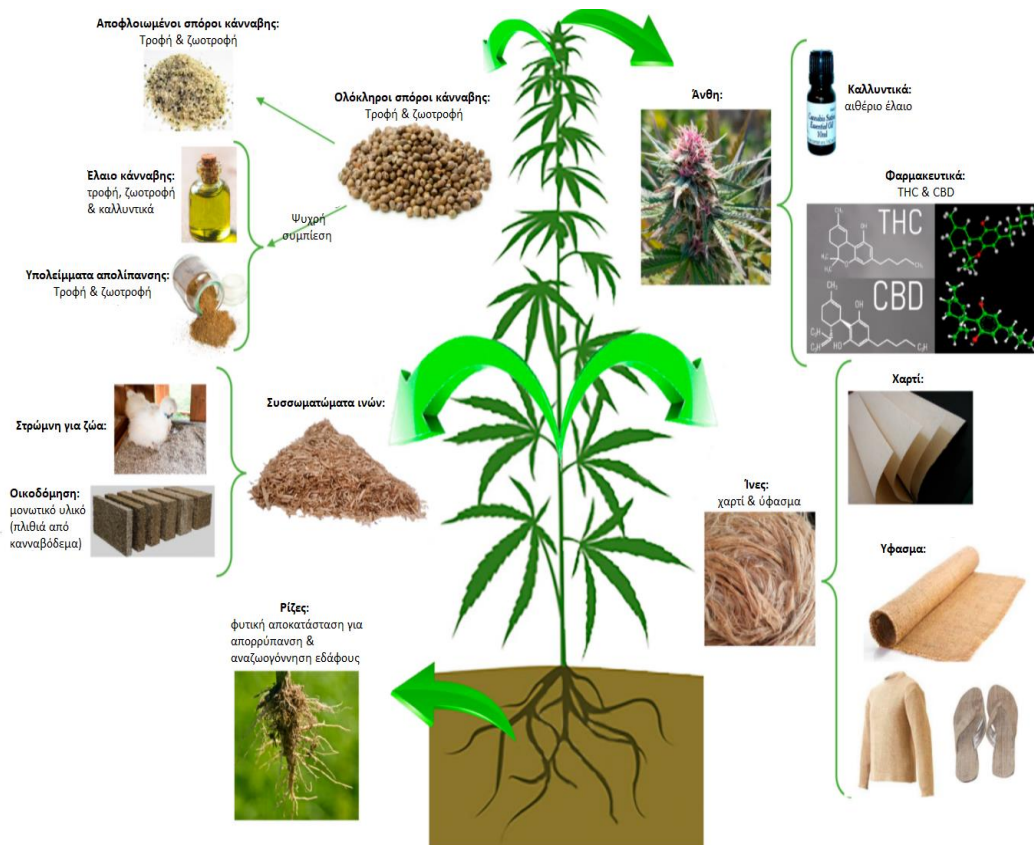
τελευταία χρόνια όμως η επαναχρησιμοποίηση αυτών των αποβλήτων στην ανάπτυξη καινοτόμων και θρεπτικότερων προϊόντων αποκτά ενδιαφέρον και είναι ελκυστικό από οικονομική και οικολογική άποψη (Prakash *et al.*, 2018).

Οι Prakash *et al.* (2018) στη μελέτη τους αντικατέστησαν μέρος του αλεύρου σίτου με αλεύρι από υπολείμματα σουσαμιού λευκού και μαύρου για την παρασκευή μπισκότων. Μελετήθηκαν οι φυσικοχημικές ιδιότητες των μπισκότων, οι διατροφικές, και οι ιδιότητες υφής, καθώς και η αποδοχή των καταναλωτών. Κατέληξαν στο ότι και οι δύο ποικιλίες σουσαμιού, σε επίπεδο ενσωμάτωσης και έως 50% δεν επηρέασαν αρνητικά τη συνολική ποιότητα των μπισκότων. Οι καταναλωτές βαθμολόγησαν με υψηλότερη βαθμολογία τα μπισκότα από αλεύρι λευκού σουσαμιού. Επιπλέον πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι τα θρεπτικά τους συστατικά ήταν πολύ υψηλότερα σε σύγκριση με τα μπισκότα της βασικής συνταγής που είχαν μόνο αλεύρι σίτου. Ένα ακόμα σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι η προσθήκη αλεύρου από υπολείμματα απολίπανσης σουσαμιού αύξησε την αντίσταση στην μικροβιακή μόλυνση, βελτιώνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής των μπισκότων (Prakash *et al.*, 2018).

Συμπερασματικά, τα υπολείμματα απολίπανσης ελαιούχων σπόρων αποτελούν ένα πολύτιμο υποπροϊόν για την ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων πλουσίων σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες και άλλα θρεπτικά συστατικά.

2.3. Σπόρος κάνναβης

Η βιομηχανική κάνναβη – hemp (*Cannabis sativa* L) καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια ως τροφή, αλλά και για τις ίνες της. Οι ίνες κάνναβης χρησιμοποιούνται ακόμα και στη σύγχρονη εποχή για την παραγωγή ανθεκτικών υφασμάτων, αλλά και ειδικών χαρτιών π.χ., όπως ο καμβάς, υφάσματα τύπου λινό, φακελάκια τσαγιού, χαρτονομίσματα, χαρτί για τσιγάρα και άλλα ανθεκτικά και λεπτά χαρτιά που συνηθίζεται να φτιάχνονται τα παχιά βιβλία, όπως η Αγία Γραφή (Callaway, 2004). Για την καλλιέργεια αυτού του φυτού δεν απαιτούνται λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα και φυτοφάρμακα (Mamone *et al.*, 2019a). Στην Εικόνα 5 απεικονίζεται το φυτό της κάνναβης και οι χρήσεις της. Είναι εμφανές ότι σχεδόν όλο το φυτό της κάνναβης είναι χρήσιμο.



Εικόνα 5. Φυτό κάνναβης και οι χρήσεις της. (τροποποίηση από πηγή Farinon et al., 2020)

Οι σπόροι κάνναβης έχουν υψηλή θρεπτική αξία, καθώς είναι πλούσιοι σε φυτοστερόλες, ω-3 και ω-6 απαραίτητα λιπαρά οξέα και πρωτεΐνες (περίπου 25% σε ξηρό βάρος), και περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα (Mamone et al., 2019a) σε ευνοϊκή αναλογία (Švec and Hrušková, 2015). Αξίζει να σημειωθεί ότι το υψηλό επίπεδο αργινίνης συμβάλλει στη μείωση της αρτηριακής πίεσης, καθώς η αργινίνη είναι μεταβολικός πρόδρομος της παραγωγής νιτρικού οξειδίου (NO). Το νιτρικό οξύ είναι υπεύθυνο για την αγγειοδιαστολή και συμβάλλει με αυτόν τον τρόπο στη μείωση του κινδύνου καρδιακών παθήσεων (Mikulec et al., 2019). Θεωρούνται πηγή τροφής σε όλη την καταγεγραμμένη ιστορία και καταναλώνονται ωμοί και μαγειρεμένοι. Ο σπόρος, τόσο θρυμματισμένος όσο και ολόκληρος, παραμένει ένα σημαντικό συστατικό στα παραδοσιακά ασιατικά τρόφιμα και φάρμακα. Στη Βόρεια Αμερική, ο σπόρος κάνναβης χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες χρωμάτων και βερνικιών και εισάγεται ως τροφή για πουλιά. Τα τελευταία χρόνια η κάνναβη έχει χρησιμοποιηθεί νόμιμα ως τροφή για ανθρώπους τόσο στον Καναδά όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες (Callaway, 2004).

Οι σπόροι κάνναβης έχουν μία ευχάριστη γεύση ξηρών καρπών και έτσι μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε θρεπτικά τρόφιμα. Στη Δυτική Ευρώπη αναπτύχθηκε πρόσφατα μια τάση ανάπτυξης καινοτόμων τροφίμων χρησιμοποιώντας τους σπόρους κάνναβης ως συστατικό. Τα τελευταία χρόνια, έχουν δημοσιευτεί και σε βάθος μελέτες αναγνωρίζοντας τα θρεπτικά οφέλη των σπόρων κάνναβης. Λόγω αυτών των ερευνητικών αποτελεσμάτων, έχει αυξηθεί σημαντικά η ζήτηση της κάνναβης και στην Ευρώπη, που οι καταναλωτές ανησυχούν για την ποιότητα της διατροφής και της υγείας τους (Apostol, Popa and Mustatea, 2015).

Η βιομηχανική κάνναβη δεν περιέχει Δ⁶-τετραϋδροκανναβινόλη (THC), που είναι ψυχοτροπική ουσία, εκτός από ελάχιστα ίχνη (χαμηλότερα από 1 ppm). Ενώ ο ευρωπαϊκός κανονισμός βρίσκεται ακόμη στο στάδιο του ορισμού, η ιταλική νομοθεσία επικύρωσε πρόσφατα τη δυνατότητα καλλιέργειας, μεταποίησης και εμπορευματοποίησης συγκεκριμένων ποικιλιών κάνναβης που συνθέτουν THC σε συγκέντρωση όχι μεγαλύτερη από 0,6% w/w. (Επίσημη Εφημερίδα της Ιταλικής Δημοκρατίας αρ. 304 30/12/2016). Σε γενικές γραμμές, η αναγνώριση της απουσίας κινδύνου που σχετίζεται με τη θρεπτική και καλλυντική της χρήση έχει προκαλέσει το γενικό ενδιαφέρον, ως μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική βιώσιμη καλλιέργεια, με χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο και εξαιρετικές δυνατότητες (Mamone *et al.*, 2019a).

2.3.1. Έλαιο κάνναβης

Από τους σπόρους κάνναβης εκχυλίζεται το έλαιο κάνναβης είτε με ψυχρή συμπίεση σπόρων είτε με εκχύλιση με διαλύτες (Mamone *et al.*, 2019b). Ο Callaway (2004) στη μελέτη του δηλώνει ότι το συγκεκριμένο έλαιο χρησιμοποιείται στην Κίνα εδώ και 3000 χρόνια και ως τροφή αλλά και ως φάρμακο (Callaway, 2004).

Το έλαιο κάνναβης χρησιμοποιείται ως συστατικό σε κρέμες σώματος, απορρυπαντικά και σαπούνια. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές μελέτες και έχουν αναγνωρίσει το λάδι κάνναβης ως σημαντικό λειτουργικό τρόφιμο. Περιέχει πολύ υψηλές ποσότητες (90%) ακόρεστων λιπαρών οξέων που είναι απαραίτητα για την ανθρώπινη υγεία και 10% κορεσμένων λιπαρών οξέων (Apostol, Popa and Mustatea, 2015). Πιο συγκεκριμένα, το έλαιο κάνναβης είναι μοναδικό λόγω της παρουσίας γ-λινολενικού οξέος (2-5 g/100 g), α-λινολενικού οξέος (ω-3) (15-25%) και στεαριδονικού οξέος (C18: 4 ω-3 στα 3g/100g) (Švec and Hrušková, 2015). Όταν είναι φρέσκο, είναι πράσινο λόγω της χλωροφύλλης που βρίσκεται φυσικά μέσα στον ώριμο σπόρο (Apostol, Popa and Mustatea, 2015).

2.3.2. Υπολείμματα απολίπανσης

Τα υπολείμματα απολίπανσης που παραμένουν μετά τη συμπίεση των σπόρων κάνναβης, για την εκχύλιση του ελαίου, έχουν αναγνωρισθεί ως μία από τις πολυτιμότερες πηγές πρωτεϊνών. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τη σύνθεση των λιπαρών οξέων και τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες έχουν χαρακτηριστεί ως πολύτιμα συμπληρώματα διατροφής με θετικές επιδράσεις στην υγεία (Rojic *et al.*, 2015). Αξίζει να τονιστεί η υψηλή περιεκτικότητα τους σε βιταμίνη E και μέταλλα όπως φωσφόρος, κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο, νάτριο, σίδηρο, θείο και ψευδάργυρο (Mikulec *et al.*, 2019). Ακολουθεί ο Πίνακας 5 που απεικονίζει τα θρεπτικά συστατικά των σπόρων κάνναβης πριν και μετά την απομάκρυνση του ελαίου.

Πίνακας 5. Τυπική θρεπτική περιεκτικότητα (%) των σπόρων κάνναβης πριν και μετά την εκχύλιση ελαίου. (τροποποίηση από πηγή Callaway, 2004)

	Σπόρος κάνναβης	Υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης
Ενέργεια (kJ/100g)	2200	1700
Πρωτεΐνες	24,8	33,5
Υδατάνθρακες	27,6	42,6
Λιπαρά	35,5	11,1
Τέφρα	5,6	7,2
Υγρασία	6,5	5,6
Διαιτητικές ίνες	27,6	42,6
Διαλυτές ίνες	5,4	16,4
Αδιάλυτες ίνες	22,2	26,2

Οι Apostol *et al.* (2015) στη μελέτη τους προσδιόρισαν τα θρεπτικά συστατικά των υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης και κατέληξαν στο ότι είναι μία πολύ καλή πηγή βιοδραστικών ενώσεων, κυρίως διαιτητικών ινών (45,87%) και πρωτεϊνών (31,26%) (Apostol, Pora and Mustatea, 2015).

2.3.3. Εφαρμογές

Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί απεικονίζονται οι εφαρμογές αξιοποίησης υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης σε τρόφιμα, καθώς και επιγραμματικά κάποια βασικά συμπεράσματα. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6 η πλειοψηφία των εφαρμογών είναι σε άρτο. Ο άρτος είναι ένα από τα βασικότερα προϊόντα διατροφής τους ανθρώπου. Και, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι σύγχρονοι καταναλωτές είναι πιο απαιτητικοί και αναζητούν όχι μόνο διαφορετικά σε γεύση τρόφιμα, αλλά και να είναι πλουσιότερα σε θρεπτικά συστατικά. Ο άρτος είναι ένα από αυτά τα τρόφιμα που μπορούν να βελτιωθούν αισθητά με την προσθήκη κάποιου λειτουργικού τροφίμου όπως αλεύρι από όσπρια ή από ελαιούχους σπόρους. Μεταξύ αυτών,

οι σπόροι κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) μπορούν να θεωρηθούν ως πηγή πολλών πολύτιμων θρεπτικών συστατικών (Mikulec *et al.*, 2019).

Πίνακας 6. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν την αξιοποίηση υπολειμμάτων σπόρων κάνναβης (ΥΑΣΚ) σε τρόφιμα

Τρόφιμο	Ιδιότητες που μελετήθηκαν	Συμπεράσματα	Αναφορές
Άρτος	Ρεολογία ζυμαριού, ανάλυση βιοδραστικών συστατικών, φυσικοχημικές ιδιότητες άρτου	<ul style="list-style-type: none"> Τα ΥΑΣΚ είναι πολύτιμη πηγή θρεπτικών συστατικών Με προσθήκη 5% και 10% ΥΑΣΚ δεν επηρεάζονται αρνητικά τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ζύμης Με προσθήκη 5% και 10% καλύτερη οργανοληπτική αξιολόγηση 	(Apostol, Popa and Mustatea, 2015)
	Φυσικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, οργανοληπτική αξιολόγηση, παλαίωση 3 ημερών, μέτρηση φαινολικών και αντιοξειδωτικών	<ul style="list-style-type: none"> Με την προσθήκη αλεύρου ΥΑΣΚ μειώθηκε σημαντικά ο όγκος. Αυξήθηκε σημαντικά η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Μειώθηκε η φωτεινότητα και αυξήθηκε η συνολική διαφορά στο χρώμα. Με προσθήκη 30% και 50% αλεύρι από ΥΑΣΚ μειώθηκε η συνεκτικότητα, η κολλητικότητα, η μασητικότητα και η πλαστικότητα. Το δείγμα με προσθήκη 15% πέτυχε το μεγαλύτερο μέσο όρο στην συνολική αποδοχή των δοκιμαστών. 	(Mikulec <i>et al.</i> , 2019)
	Ρεολογία ζυμαριού, φυσικοχημικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, γεωμετρικές ιδιότητες με ανάλυση εικόνας, ανάλυση διατροφικής αξίας	<ul style="list-style-type: none"> Με την προσθήκη αλεύρου από ΥΑΣΚ μειώθηκε ο όγκος και το πορώδες της ψίχας. Αυξήθηκε η σκληρότητα και η μασητικότητα και μειώθηκε η συνεκτικότητα. Μειώθηκε η φωτεινότητα Αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και λιπαρά, και μειώθηκε η περιεκτικότητα σε άμυλο και υδατάνθρακες. 	(Pojić <i>et al.</i> , 2015)
Ζυμαρικά	Φυσικοχημικές ιδιότητες, ιδιότητες υφής, οργανοληπτικός έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> Όλα τα δείγματα ήταν πλουσιότερα σε πρωτεΐνες και φυτικές ίνες Ικανοποιητική αξιολόγηση από τους καταναλωτές Καλή ποιότητα μαγειρέματος 	(Tetrycz <i>et al.</i> , 2021)

Υπάρχουν αρκετές μελέτες πάνω στον σπόρο κάνναβης, που σχετίζονται με την ανάλυση των θρεπτικών του συστατικών, καθώς και με την ενσωμάτωση αυτών, αλλά και αλεύρου από σπόρους κάνναβης (όχι υπολειμμάτων απολίπανσης) σε τρόφιμα, όπως για παράδειγμα σε μπισκότα (Lukin & Bitiutskikh, 2017, Šottníková *et al.*, 2019), ή σε άρτο χωρίς γλουτένη (Hayward & McSweeney, 2020, Jagelaviciute & Cizeikiene, 2021, Korus *et al.*, 2017) ή σε κέικ (Kowalska *et al.*, 2021). Στην παρούσα εργασία όμως η προσοχή δίνεται στην αξιοποίηση των υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης στην παραγωγή τροφίμων για ανθρώπινη κατανάλωση. Επομένως η ανάλυση που ακολουθεί είναι πάνω σε έρευνες που έχει χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο υποπροϊόν. Ακολουθούν τρεις μελέτες σε άρτο και μία σε ζυμαρικά. Στην τελευταία έγινε χρήση και των δύο αλεύρων κάνναβης, δηλαδή το εμπορικό αλεύρι και αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης, και φυσικά έγινε σύγκριση μεταξύ τους.

2.3.3.1. Σε άρτο

Βρέθηκαν συνολικά 3 μελέτες σε άρτο. Σε όλες τις μελέτες έγινε αντικατάσταση αλεύρου σίτου από συγκεκριμένα ποσοστά αλεύρου από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης. Ακολουθούν συνοπτικά τα βασικότερα συμπεράσματα από αυτές τις μελέτες.

Οι Apostol et al. (2015) αντικατέστησαν 5%, 10%, 15% και 20% από το αλεύρι σίτου με αλεύρι κάνναβης. Οι βασικότεροι στόχοι τους ήταν να μελετήσουν τη ρεολογία ζυμαριού, με τις διαφορετικές προσθήκες αλεύρου κάνναβης, τη χημική σύνθεση των νέων μειγμάτων, και ποιοτικά χαρακτηριστικά (όπως ειδικός όγκος, πορώδες, ελαστικότητα ψίχας, περιεχόμενη υγρασία κ.α.) του τελικού προϊόντος. Συνοπτικά για τα συμπεράσματα, όσον αφορά τη χημική ανάλυση, με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης αυξήθηκαν οι πρωτεΐνες, οι διαιτητικές ίνες, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα και τα μέταλλα (όπως ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο, κάλιο κ.α.). Όσον αφορά τη ρεολογία ζυμαριού, κατέληξαν στο ότι με την προσθήκη 5% και 10% αλεύρου κάνναβης οι ρεολογικές παράμετροι διατηρούνται στα όρια, οπότε μπορεί να εξασφαλιστεί μια καλή τεχνολογική συμπεριφορά, και ταυτόχρονα ένα θρεπτικότερο προϊόν. Όσον αφορά τις υπόλοιπες μετρήσεις, αξίζει να σχολιαστεί η μείωση του όγκου με την αύξηση του αλεύρου κάνναβης. Ο τελικός όγκος του άρτου εξαρτάται από τη διόγκωση του ζυμαριού κατά τη ζύμωση και κατά τον κλιβανισμό, καθώς και από την ικανότητα του πλέγματος της γλουτένης να συγκρατεί τα αέρια. Η μείωση του όγκου οφείλεται στην αύξηση των διαλυτών ινών που επηρεάζουν την συγκράτηση αερίων λόγω της αλληλεπίδρασης τους με το πλέγμα της γλουτένης, ενώ δεν αυξάνουν την παραγωγή αερίου, με αποτέλεσμα μια διαταραγμένη δομή. Επιπλέον, αυτά τα αποτελέσματα φαίνεται να συσχετίζονται με τα ρεολογικά δεδομένα του ζυμαριού. Η μείωση του όγκου συμπίπτει με τη μειωμένη συνοχή του ζυμαριού. Αυτό σημαίνει ότι αναπτύσσονται ορισμένες αρνητικές ποιοτικές αλλαγές λόγω της μείωσης της περιεκτικότητας σε γλουτένη (Apostol, Pora and Mustatea, 2015).

Οι Rojic et al. (2015) στη μελέτη τους αντικατέστησαν με 5%, 10% και 20% αλεύρι σίτου με αλεύρι κάνναβης για την παραγωγή άρτων και ο βασικός τους στόχος ήταν να εξετάσουν την δυνατότητα αξιοποίησης των υπολειμμάτων κάνναβης μελετώντας την ποιότητα της ζύμης, καθώς και του τελικού προϊόντος όσον αφορά την εμφάνιση, την υφή, τη δομή και τη θρεπτική του αξία. Με βάση τις μετρήσεις για τη ρεολογία του ζυμαριού καταλήγουν στο ότι η επίδραση του αλεύρου κάνναβης, ως αλεύρι χωρίς γλουτένη, είναι έντονη και ότι δεν αναμένουν ο τελικός άρτος να μοιάζει με τον παραδοσιακό λευκό άρτο όσον αφορά την εμφάνιση, τη γεύση και τη ζύμη. Ο όγκος του άρτου μειώθηκε αισθητά και η αυξανόμενη ποσότητα αλεύρου κάνναβης έδωσε ψίχα με σημαντικά μικρότερο πορώδες και άρα πυκνότερη δομή σε σύγκριση με τον άρτο σίτου. Οι Rojic et al. (2015) αναφέρουν ότι οι ιδιότητες υφής

του άρτου θεωρούνται σημαντικός παράγοντας για την προτίμηση των καταναλωτών. Η παρουσία αλεύρου κάρναβης στη σύνθεση του άρτου επηρέασε σημαντικά την αύξηση της σκληρότητας (*hardness*). Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα για τους όγκους και του πορώδους των άρτων, που φαίνεται ότι τα καρβέλια με μικρότερο όγκο και χαμηλότερο πορώδες, εμφάνισαν μεγαλύτερη σκληρότητα. Η ελαστικότητα (*springiness*) και η πλαστικότητα (*resilience*) δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την προσθήκη 5 και 10%, σε αντίθεση με την προσθήκη 20% κάρναβης. Επιπλέον, με την αύξηση της κάρναβης μειώθηκε η συνεκτικότητα (*cohesiveness*) και αυξήθηκε η μασητικότητα (*chewiness*). Οι επιπτώσεις της προσθήκης αλεύρου κάρναβης στο χρώμα του άρτου επιγραμματικά έχουν ως εξής: μειώθηκε σημαντικά η φωτεινότητα, ο παράγοντας a^* και ο παράγοντας b^* . Η ολική διαφορά στο χρώμα είναι ορατή από το ανθρώπινο μάτι. Όσον αφορά τα θρεπτικά χαρακτηριστικά των εμπλουτισμένων με αλεύρι κάρναβης άρτων, κατέληξαν στο ότι με την προσθήκη κάρναβης αυξήθηκε σημαντικά η ποσότητα των πρωτεϊνών και των λιπαρών στο τελικό προϊόν, ενώ η ποσότητα αμύλου και υδατανθράκων μειώθηκε. Οι Rojic et al. (2015) σχολιάζουν ότι πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή σε κάποια αντι-θρεπτικά συστατικά, που εμπεριέχονται στα υπολείμματα απολίπανσης κάρναβης, όπως αναστολείς τρυψίνης, φυτόλες (φυτικά οξέα), γλυκοσινόλες και ταννίνες. Η παρουσία τους μπορεί να σταματήσει ή να ελαττώσει την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε διατροφικές ανεπάρκειες. Ανεξάρτητα από την επιζήμια επίδρασή τους, τα αντι-θρεπτικά συστατικά μπορούν επίσης να παρουσιάσουν χαρακτηριστικά που προάγουν την υγεία από την άποψη της πρόληψης του διαβήτη, του καρκίνου και των καρδιαγγειακών παθήσεων (Rojic et al., 2015).

Οι Mikulec et al. (2019) στη μελέτη τους χρησιμοποίησαν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά αλεύρου κάρναβης σε σχέση με τους Apostol et al. (2015) και Rojic et al. (2015). Συγκεκριμένα έφτιαξαν άρτο με 0% αλεύρι κάρναβης που είναι το βασικό τους δείγμα, με 15% αλεύρι κάρναβης, 30% και 50%. Ο βασικός στόχος της μελέτης τους ήταν να αναλύσουν και να συγκρίνουν επιλεγμένες φυσικές και οργανοληπτικές ιδιότητες των άρτων την ημέρα παρασκευής τους και 3 ημέρες μετά. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση στην μεταβολή του βάρους κατά τον κλιβανισμό (*baking loss*) από την προσθήκη κάρναβης. Όμως παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά στον όγκο των άρτων, κυρίως για τους άρτους που περιείχαν 30% και 50% αλεύρι κάρναβης χαρακτηρίστηκαν από σημαντικά πολύ μικρότερο όγκο. Ο λόγος που συνέβη αυτό είναι γιατί με την προσθήκη της κάρναβης, μειώθηκε η περιεκτικότητα της γλουτένης (το αλεύρι κάρναβης δεν περιέχει γλουτένη) και ταυτόχρονα αυξήθηκαν οι διαιτητικές ίνες, με αποτέλεσμα να μειωθεί η ικανότητα συγκράτησης αερίων ζύμωσης. Η περιεχόμενη υγρασία δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Παρατηρήθηκε, επίσης, σημαντική αύξηση στην

περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης μειώθηκε σημαντικά η φωτεινότητα και αυξήθηκε σημαντικά η συνολική χρωματική διαφορά. Όσον αφορά την παράμετρο a^* (ερυθρότητα) εμφάνισε την υψηλότερη τιμή της για τον άρτο με περιεκτικότητα 50% σε αλεύρι κάνναβης. Και η παράμετρος b^* παρουσίασε την υψηλότερη τιμή της για τον άρτο με 0% αλεύρι κάνναβης (Mikulec *et al.*, 2019). Στην Εικόνα 6 απεικονίζονται τα 4 διαφορετικά δείγματα άρτου διαφορετικής συγκέντρωσης αλεύρου κάνναβης.



Εικόνα 6. Απεικόνιση των τεσσάρων δειγμάτων άρτου με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης (πηγή Mikulec *et al.*, 2019)

Για τις ιδιότητες υφής, παρατήρησαν ότι την μέρα παρασκευής των άρτων, ο βασικός άρτος με 0% κάνναβη είχε σημαντικά χαμηλότερη σκληρότητα από ότι τα υπόλοιπα δείγματα, τα οποία όμως δεν εμφάνιζαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Οι διαφορές στην σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων συχνά σχετίζονται με τον όγκο τους, γιατί αρτοσκευάσματα με μικρότερο όγκο, χαρακτηρίζεται από πιο συμπαγής ψίχα, και άρα μεγαλύτερη σκληρότητα. Κατά την παλαιώση παρατηρήθηκε αύξηση της σκληρότητας όλων των άρτων. Στους άρτους με 30% και 50% κάνναβη παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη συνεκτικότητα (cohesiveness), στην κολλητικότητα (gumminess), στην μασητικότητα (chewiness) και στην πλαστικότητα (resilience) σε σύγκριση με τον άρτο σίτου, και τον άρτο με 15% αλεύρι κάνναβης. Στον οργανοληπτικό έλεγχο τα δείγματα με 30% και 50% αλεύρι κάνναβης είχαν τον χαμηλότερο μέσο όρο στην υφή, και το δείγμα με 50% είχε τον χαμηλότερο μέσο όρο στη συνολική αποδοχή. Ο άρτος με 15% κάνναβη είχε μεγαλύτερο μέσο όρο στη συνολική αποδοχή σε σχέση με τα άλλα δύο δείγματα με κάνναβη.

2.3.3.2. Σε ζυμαρικά

Οι Teterycz *et al.* (2021) στη μελέτη τους πρόσθεσαν αλεύρι κάνναβης σε ζυμαρικά σίτου με σκοπό να προσδιορίσουν την επίδραση που θα είχε αυτή η προσθήκη στις φυσικοχημικές ιδιότητες των ζυμαρικών, στην ποιότητα μαγειρέματος, στις ιδιότητες υφής, αλλά και στις οργανοληπτικές ιδιότητες. Τα δείγματα εμπλουτίστηκαν με 5-40% εμπορικά διαθέσιμο αλεύρι κάνναβης και με 2,5-10% αλεύρι από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης. Η προσθήκη και των δύο πρώτων υλών αύξησε την συγκέντρωση σε πρωτεΐνες και διαιτητικές

ίνες. Λόγω της χαμηλότερης κοκκοποίησης και της υψηλότερης θρεπτικής αξίας, το εμπορικό αλεύρι κάνναβης θεωρήθηκε ως καλύτερη πρώτη ύλη για τον εμπλουτισμό των ζυμαρικών από το αλεύρι των υπολειμμάτων κάνναβης. Όλα τα εμπλουτισμένα δείγματα ζυμαρικών χαρακτηρίστηκαν από ασφαλή περιεκτικότητα σε Δ⁹ τετραϋδροκανναβινόλη (THC) και σε κανναβιδιόλη (CBD). Λαμβάνοντας υπόψη τη χημική σύνθεση και τις παραμέτρους ποιότητας των ζυμαρικών, η βέλτιστη προσθήκη στα ζυμαρικά είναι 30% για το εμπορικό αλεύρι κάνναβης και 10% για το αλεύρι από τα υπολείμματα κάνναβης.

2.4. Γλυκά αρτοσκευάσματα πλούσιου ζυμαριού

Τα προϊόντα πλούσιου ζυμαριού είναι μια υποκατηγορία των γλυκών αρτοσκευασμάτων. Παρόλο που οι διάφορες τους με τα προϊόντα φτωχού μίγματος ζυμαριού δεν είναι ξεκάθαρες, θεωρείται ότι περιέχουν υψηλότερα ποσοστά λίπους, ζάχαρης και αυγών. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα τσουρέκια (πλούσιο σε ζάχαρη, λίπος και αυγά), μπριός (πλούσιο σε βούτυρο και αυγά), *panettone*, γλυκά κουλούρια, γλυκά αναδιπλωμένα ρολό, κέικ καφέ κ.α.

Λόγω της σύνθεσης τους, η πλειοψηφία των ζυμαριών αυτών αναμιγνύονται με τη μέθοδο της προζύμης και ζυμαριού, ώστε το μεγαλύτερο μέρος της ζύμωσης να λάβει χώρα πριν προστεθεί η ζάχαρη και το λίπος. Η υψηλή περιεκτικότητα λίπους και αυγών καθιστά τα πλούσια ζυμάρια πολύ μαλακά και για αυτό η ποσότητα των υγρών είναι μειωμένη για να αντισταθμισθεί η μαλακότητα του. Τα υψηλά επίπεδα ζάχαρης και λίπους εμποδίζουν την ανάπτυξη της γλουτένης και για αυτό το λόγο τα πλούσια ζυμάρια συχνά αναμιγνύονται με τη χρήση της τεχνικής της εντόνου ή εντατικής αναμίξεως, για να παραχθεί η δύναμη της γλουτένης. Τέλος, τα πλούσια ζυμάρια, επειδή είναι πολύ μαλακά, γενικά δεν ζυμώνονται πολλή ώρα και υφίστανται μικρότερο στόφιασμα. Επαρκές θεωρείται ένα στόφιασμα τριών τετάρτων, καθώς τα υπερ-στοφιασμένα ζυμάρια καταρρέουν κατά τον κλιβανισμό (Lazos E. & Lazou A., 2016).

2.4.1. Τσουρέκι

Το τσουρέκι μπορεί να χαρακτηριστεί και ως γλυκός άρτος, παρόλο που διαφέρει αρκετά από τους διεθνώς αναφερομένους γλυκούς άρτους. Μοιάζει περισσότερο με μπριός αν και είναι πλουσιότερο σε ζάχαρη και λίπος, όπως επίσης είναι και πλούσιο σε μυρωδικά.

Το τσουρέκι είναι ένα παραδοσιακό ελληνικό προϊόν, αρκετά δημοφιλές στις εορτές του Πάσχα. Σε αρκετές χώρες, ειδικά βαλκανικές φτιάχνονται παρόμοια προϊόντα όπως το «Çörek» της Τουρκίας ή το «kozunak» της Βουλγαρίας. Το τσουρέκι είναι ένα αρκετά δύσκολο στην παρασκευή του προϊόν διότι οι μεγάλες ποσότητες ζάχαρης και λίπους επηρεάζουν τη ζύμωση. Δεν υπάρχει κάποια τυποποιημένη διαδικασία παραγωγής, ο κάθε παρα-

σκευαστής έχει τη δικιά του κυρίως από εμπειρία. Υπάρχουν όμως κάποια σημαντικά πράγματα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά την παραγωγή του τσουρεκιού (Lazos E. & Lazou A., 2016):

- Η παρασκευή του τσουρεκιού απαιτεί δυνατό αλεύρι υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (13%).
- Όλες οι πρώτες ύλες πρέπει να βρίσκονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 30-35°C.
- Παρασκευάζεται η προζύμη με το 1/3 του αλεύρου και αφήνεται να αναπτυχθεί για 30-40 min στους 30-35°C.
- Η προζύμη θα προστεθεί στο μείγμα μετά την ανάμειξη των αυγών, με τη ζάχαρη και το υπόλοιπο αλεύρι και στο τέλος θα προστεθεί το λίπος.
- Το λίπος πρέπει να προστεθεί σταδιακά, ώστε να απορροφάτε χωρίς να διακόπτε το πλέγμα της γλουτένης, επειδή το τελικό προϊόν θα πρέπει να έχει την υφή «φύλλων» ή «σχοινιών» ή ινών κατά το σπάσιμο της ψίχας, γιατί χωρίς αυτό θα μοιάζει με κέικ.
- Πρέπει και το ζύμωμα να επιτελείται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει η δράση της αναδιπλώσεως του ζυμαριού. Μετά το πέρας του ζυμώματος ακολουθεί ανάπαυση του ζυμαριού σε θερμοκρασία 30-35°C.
- Οι χρόνοι και θερμοκρασίες κλιβανισμού εξαρτώνται από το μέγεθος ζυμαριού-προϊόντος (Lazos E. & Lazou A., 2016).

2.4.2. Εφαρμογές

Τα προϊόντα πλουσίου ζυμαριού δεν έχουν μελετηθεί. Η βιβλιογραφία είναι πάρα πολύ περιορισμένη, συγκεκριμένα βρέθηκε μόνο μία έρευνα.

Οι Valcarcel-Yamani & Lannes (2013) στη έρευνα τους μελέτησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εννέα εμπορικών δειγμάτων «panettone» που μπόρεσαν να βρουν στην αγορά της Βραζιλίας. Κάποια ήταν με φρούτα, κάποια χωρίς. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης (ANOVA και Tukey) έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Ειδικότερα, παρατηρήθηκαν διαφορές στον ειδικό όγκο και την πυκνότητα. Τα δείγματα έδειξαν τιμές υγρασίας μεταξύ 22,83% και 26,86%. Η ανάλυση υφής έδειξε μεγαλύτερη διακύμανση στις τιμές της σκληρότητας της ψίχας (από 2,14N έως 7,55N). Σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν και στο χρώμα, για την κόρα (τιμές L^* μεταξύ 31,58 και 44,85, a^* μεταξύ 12,34 και 16,47 και b^* μεταξύ 27,15 και 37,28) και για την ψίχα (τιμές L^* μεταξύ 64,48 και 72,34, a^* μεταξύ -0,82 και 3,79 και b^* μεταξύ 33,43 και 40,97). Μέσω της ανάλυσης εικόνας, παρατηρήθηκε μεταβλητότητα στη δομή της ψίχας, παρόλα αυτά, η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Η ετερογένεια μεταξύ των τιμών οφείλεται κυρίως στη διαδικασία παραγωγής, τη διαμόρφωση και την αποθήκευση των δειγμάτων.

Κεφάλαιο 3. Υλικά και Μέθοδοι

Στην παρούσα εργασία έγινε αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης με σκοπό την ανάπτυξη ενός καινοτόμου προϊόντος πλούσιου ζυμαριού με τη χρήση διεργασίας κλιβανισμού – ζυμώσεως. Παράχθηκε τσουρέκι διαφορετικών αναλογιών αλεύρου σίτου/αλεύρου κάνναβης. Ακολουθούν αναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και οι μέθοδοι υπολογισμού των διαφόρων ιδιοτήτων. Επίσης, έλαβε χώρα οργανοληπτικός έλεγχος για την αξιολόγηση αποδοχής από τους καταναλωτές.

3.1. Υλικά

Το άλευρο σίτου, κατάλληλο για την παραγωγή τσουρεκιού, ήταν χορηγία της Marra Bros Mills S.A. (Κόρινθος, Ελλάδα). Οι πίτες υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης (defatted hemp seeds cakes) ήταν χορηγία της Kannabio SA (Βόλος, Ελλάδα). Οι πίτες (ή πέλλετ) αλέστηκαν σε μύλο IKA M20 (IKA, Königswinter, Γερμανία) με μέγιστη ταχύτητα περιστροφής 20.000 rpm. Στη συνέχεια, το παραχθέν άλευρο κονιοποιήθηκε περαιτέρω σε ένα μύλο jet (Jet-O-Mizer, Fluid Energy Processing and Equipment Company, USA, πίεση αέρα 8 bar, ρυθμός τροφοδοσίας 100%). Το τελικό αλεύρι κάνναβης συσκευάστηκε σε αεροστεγή δοχεία και αποθηκεύτηκε στους 5°C μέχρι περαιτέρω χρήση. Η χημική σύνθεση των αλεύρων φαίνεται στον Πίνακα 7 που ακολουθεί. Οι τιμές είναι όπως δόθηκαν από τους προμηθευτές.

Πίνακας 7. Χημική σύνθεση για τα άλευρα g/100g (από τους προμηθευτές)

	Άλευρο σίτου	Άλευρο κάνναβης
Πρωτεΐνες	20,2	22,4
Λιπαρά	1,0	4,7
Ολικοί υδατάνθρακες	62,3	55,5
Σάκχαρα	0,5	2,8

Τα υπόλοιπα συστατικά για την παρασκευή του τσουρεκιού (ζάχαρη, βούτυρο, αυγά, γάλα, μαγιά, φρέσκα πορτοκάλια, αλάτι, βανίλια, μαχλέπι και μαστίχα) αγοράστηκαν από την τοπική αγορά. Στον Πίνακα 8 φαίνονται τα υλικά με τις ποσότητές τους για την παρασκευή του βασικού τσουρεκιού, με 100% αλεύρι σίτου.

Πίνακας 8. Βασική συνταγή του τσουρεκιού-αναλογίες συστατικών

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

3.2. Παρασκευή τσουρεκιού

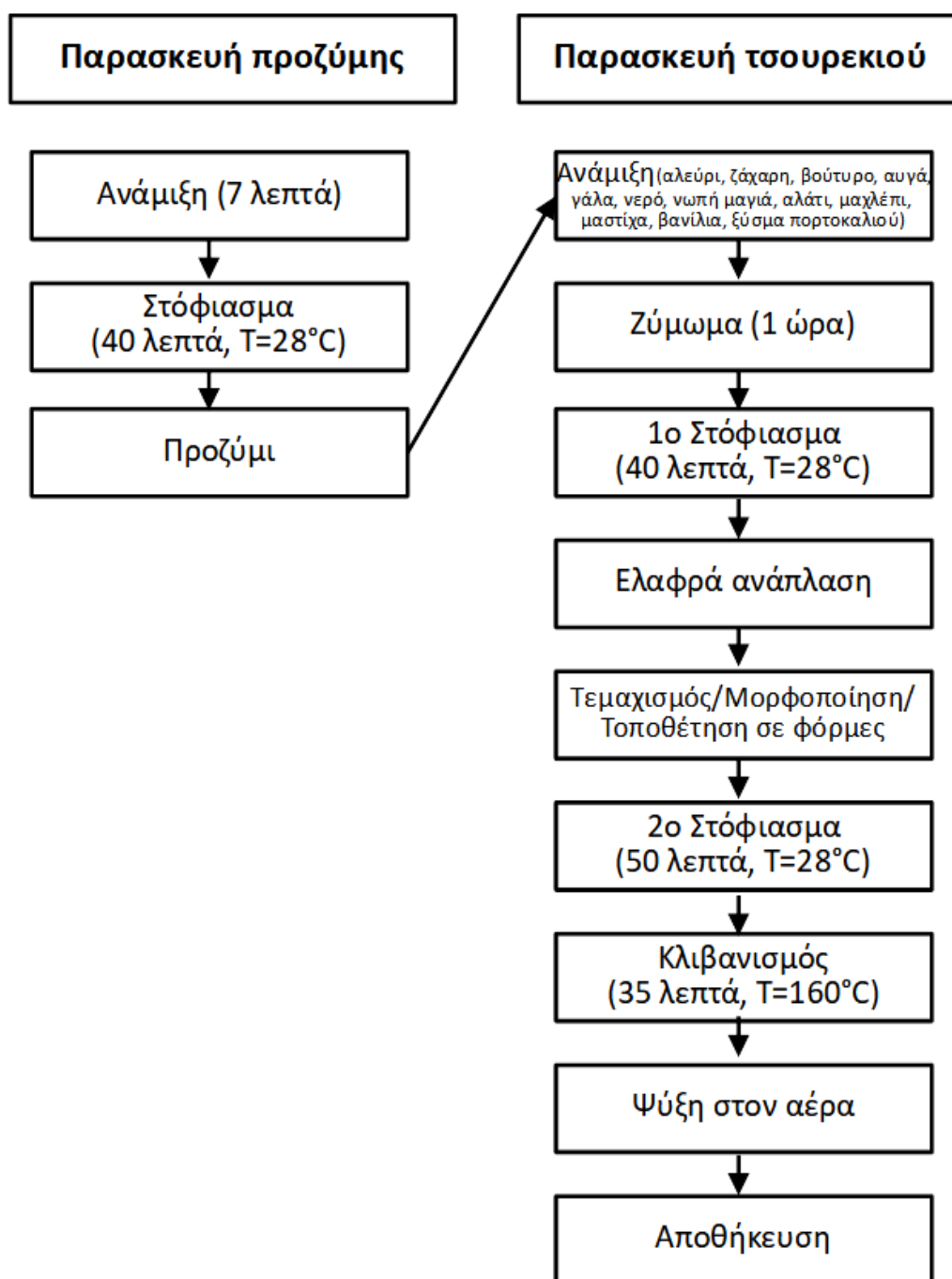
Το αλεύρι σίτου καθώς και το αλεύρι κάνναβης ζυγίστηκαν, αναμίχθηκαν και κοσκινίστηκαν. Το αλεύρι κάνναβης αναμίχθηκε με αλεύρι σίτου ώστε να ληφθούν διαφορετικές αναλογίες κάνναβης προς αλεύρι σίτου, συγκεκριμένα 0%, 10%, 30% και 50% (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Διαφορετικές αναλογίες αλεύρου σίτου/αλεύρου κάνναβης

Άλευρο σίτου (%)	Άλευρο κάνναβης (%)
100	0
90	10
70	30
50	50

Η διαδικασία παραγωγής έγινε με τη μέθοδο εκκινητή (προζύμης) και ζυμαριού και περιλαμβάνει δύο βασικά στάδια: 1) την παρασκευή προζύμης και 2) την κύρια διαδικασία παρασκευής του τσουρεκιού, η οποία συνοψίζεται στην Εικόνα 7. Πιο συγκεκριμένα, 50 g του μίγματος αλευριού (αλεύρι σίτου & αλεύρι κάνναβης) ελήφθησαν για την παρασκευή της προζύμης, μαζί με 40 g νωπής μαγιάς και 50 g νερού. Ακολούθησε ανάμιξη για 7 min και στη συνέχεια αφέθηκε για στόφιασμα για 40 min στους 28°C στην ηλεκτρική στόφα. (LinkRich XF12d). Τα υπόλοιπα συστατικά, δηλαδή αλεύρι 450 g, ζάχαρη 175 g, βούτυρο 125 g, αυγά 168 g, γάλα 50 g, νερό 50 g, νωπή μαγιά 10 g, αλάτι 2,5 g, μαχλέπι 15 g, μαστίχα 1,5 g, βανίλια 1 g και ξύσμα από ένα πορτοκάλι προστέθηκαν σταδιακά, αναμίχθηκαν καλά και ζυμώθηκαν για 1 h. Στη συνέχεια, η ζύμη αφέθηκε για το πρώτο στόφιασμα στην ηλεκτρική στόφα (T = 28°C) για 40 min. Μετά το πρώτο στόφιασμα, η ζύμη αναπλάθηκε ελαφρώς, χωρίστηκε σε δύο κομμάτια και μορφοποιήθηκε με τα χέρια ώστε να πάρει κυλινδρικό σχήμα και, εν συνεχεία, τοποθετήθηκε σε δύο στενόμακρες φόρμες, αφού πρώτα είχαν περαστεί με βούτυρο

και αλευρωθεί καλά. Στη συνέχεια, οι φόρμες τοποθετήθηκαν στη στόφα για το δεύτερο στόφιασμα για 50 min, στην ίδια θερμοκρασία και σχετική υγρασία. Τέλος, ακολούθησε ο κλιβανισμός σε φούρνο (LinkRich DH6A-A) στους 160°C για 35 min. Μετά τον κλιβανισμό, το τσουρέκι αφαιρέθηκε από τις φόρμες και αφέθηκε να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου για δύο ώρες πριν από περαιτέρω ανάλυση. Την ίδια μέρα μετρήθηκε ο ειδικός όγκος των δειγμάτων και στη συνέχεια, τα προϊόντα συσκευάστηκαν σε σακούλες από πολυαιθυλένιο. Την επόμενη μέρα πραγματοποιήθηκαν όλες οι υπόλοιπες μετρήσεις. Το συνολικό πείραμα διεξήχθη σε δύο επαναλήψεις.



Εικόνα 7. Διάγραμμα ροής της παρασκευής του τσουρεκιού

3.3. Προσδιορισμός των ιδιοτήτων

3.3.1. Φυσικοχημικές ιδιότητες

3.3.1.1. Περιεχόμενη υγρασία

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας χρησιμοποιήθηκε η σταθμική μέθοδος AACC 44-15.02 (AACC, 2013) Συγκεκριμένα, χωρίστηκε η κόρα από την ψίχα και πραγματοποιήθηκε άλεση. Ζυγίστηκαν γυάλινα βαζάκια σε ζυγό ακριβείας και προστέθηκαν σε αυτά 2 γραμ (με ακρίβεια $\pm 0,001$ g) από το δείγμα, χωριστά η κόρα από την ψίχα. Στην συνέχεια, ακολούθησε ξήρανση σε φούρνο αέρα (Gallenkamp Oven BS Model OV-160) στους 110°C για τουλάχιστον 24 ώρες. Μετά από αυτό, αφέθηκαν να κρυώσουν σε ξηραντήριο με silica gel για να μην απορροφήσουν υγρασία και ζυγίστηκαν στον ίδιο ζυγό ακριβείας, ώστε να υπολογιστεί η απώλεια βάρους τους, και από εκεί η περιεχόμενη υγρασία με τον ακόλουθο τύπο:

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

Όπου, $m_{\alpha\rho\chi}$ είναι η αρχική μάζα που έχει το δείγμα, βαζάκι μαζί με το προϊόν, $m_{\tau\epsilon\lambda}$ είναι η συνολική μάζα μετά την ξήρανση και $m_{\beta\alpha\zeta}$ είναι η μάζα που έχει το βαζάκι. Όλες οι μετρήσεις ελήφθησαν από τρία ανεξάρτητα δείγματα και αναφέρονται οι μέσες τιμές.

3.3.1.2. Ενεργότητα ύδατος (a_w)

Η ενεργότητα ύδατος (a_w) της ψίχας και της κόρας του τσουρεκιού μετρήθηκε με τη συσκευή « AquaLab 4TE» (Aqua Lab 4TE, Decagon Devices, Inc., USA) σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Όλες οι μετρήσεις ελήφθησαν από τρία ανεξάρτητα δείγματα και αναφέρονται οι μέσες τιμές.

3.3.1.3. Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό

Η μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό, επί τοις εκατό, υπολογίστηκε από τη διαφορά μεταξύ του βάρους της ζύμης πριν και του βάρους του προϊόντος μετά τον κλιβανισμό και την ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου, χρησιμοποιώντας την εξίσωση (Mustafa *et al.*, 2018):

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

όπου m_i είναι το αρχικό βάρος ζύμης (g) και m_f είναι το βάρος του κλιβανισμένου τσουρεκιού (g) Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος 3 επαναλαμβανόμενων μετρήσεων.

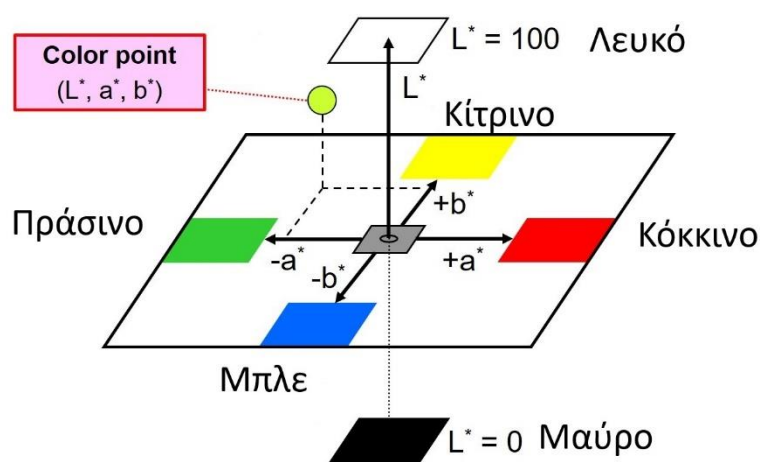
3.3.1.4. Χρώμα

Το χρώμα της κόρας και της ψίχας των δειγμάτων τσουρεκιού μετρήθηκαν με τη βοήθεια του χρωματόμετρου «Miniscan XE Plus» (HunterLab, Miniscan XE Plus), το οποίο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L^* (φωτεινότητα), a^* , b^* βάσει του συστήματος CIELAB (Εικ. 8). Οι τιμές a^* και b^* είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες του χρώματος (συχνά ονομά-

ζονται χρωματικότητα) πάνω στο επίπεδο διατομής του χρώματος, κάθετο στον άξονα μαύρου-άσπρου. Η θετική τιμή για το a^* υποδεικνύει κόκκινο χρώμα, ενώ η αρνητική τιμή πράσινο χρώμα. Η θετική τιμή για το b^* υποδεικνύει κίτρινο χρώμα, ενώ η αρνητική τιμή μπλε χρώμα. Η διαφορά χρώματος υπολογίστηκε από την παρακάτω εξίσωση (Diprat *et al.*, 2020):

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3)$$

Όπου οι τιμές L_0 , a_0 και b_0 είναι οι τιμές για το δείγμα χωρίς την προσθήκη άλευρου κάνναβης. Για $\Delta E < 1$, η διαφορά χρώματος δεν θεωρείται ορατή από το ανθρώπινο μάτι, για $1 < \Delta E < 3$, η διαφορά χρώματος δεν διακρίνεται εύκολα από το ανθρώπινο μάτι και για $\Delta E > 3$, η διαφορά χρώματος θεωρείται ορατή από το ανθρώπινο μάτι. (Pojic *et al.*, 2015). Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος πέντε επαναληπτικών μετρήσεων.



Εικόνα 8. CIELAB system συντεταγμένες (τροποποίηση από πηγή Liu *et al.*, 2015)

3.3.2. Δομικές ιδιότητες

3.3.2.1. Πραγματικός όγκος (V_t)

Ο πραγματικός όγκος ενός τροφίμου είναι ο όγκος του χωρίς τους πόρους αέρα. Για το λόγο αυτό, πριν από τη μέτρηση το δείγμα πρέπει να είναι αλεσμένο, για να διασφαλισθεί ότι δεν θα παραμείνουν κλειστοί πόροι. Η συνηθέστερη μέθοδος προσδιορισμού είναι το στερεοπυκνόμετρο αερίου. Τα αέρια που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι το άζωτο και το ήλιο. Από τα αναφερθέντα αέρια, το ήλιο είναι αυτό που συνήθως προτείνεται, λόγω της μικρής ατομικής του διαμέτρου, που το καθιστά ικανό να διαπεράσει ακόμα και τους πιο μικρούς πόρους του υλικού και να εξασφαλίσει έτσι τη μέγιστη ακρίβεια (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2012). Η αρχή λειτουργίας της συσκευής αυτής βασίζεται στη μέτρηση της διαφοράς πίεσης που προκύπτει όταν γνωστή ποσότητα αερίου υπό πίεση κινηθεί από έναν χώρο γνωστού όγκου V_R μέσα σε μια κυψελίδα η οποία περιέχει την προς μέτρηση στερεή σκόνη. Η διαφορά στην πίεση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του όγκου του δείγματος σκόνης υποθέτοντας συμπεριφορά ιδανικού αερίου (Sun, 2004). Στην παρούσα εργασία ο πραγματικός όγκος

V_t (cm³) υπολογίστηκε με τη βοήθεια στερεοοπκνόμετρου «Quantachrome» με εκτόπιση ηλίου (model SPV-3) με ακρίβεια 0.001 cm³ και υπολογίστηκε από την παρακάτω εξίσωση:

$$V_t = V_c - V_R \left(\frac{P_1}{P_2} - 1 \right) \quad (4)$$

Όπου V_c είναι ο όγκος του κελιού μέτρησης, V_R ο όγκος του κελιού αναφοράς, P_1 η πίεση στο κελί αναφοράς και P_2 είναι η πίεση στο κελί μέτρησης.

Τα αποτελέσματα είναι η μέση τιμή 5 επαναληπτικών μετρήσεων.

3.3.2.2. Ειδικός όγκος (SV)

Ο φαινόμενος όγκος V_a (cm³) των τσουρεκιών μετρήθηκε με την εμπειρική μέθοδο εκτόπισης σπόρων 10-05.01 (AACC, 2001). Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο σκεύος το οποίο πριν τη μέτρηση συμπληρώθηκε πλήρως με μικρούς συμμετρικούς φυτικούς σπόρους. Η ποσότητα των σπόρων που χρειάζονται για να γεμίσουν πλήρως το σκεύος είναι γνωστή. Στη συνέχεια, αφαιρέθηκε αρκετή ποσότητα σπόρων, τοποθετήθηκε το δείγμα στο εσωτερικό του σκεύους και συμπληρώθηκαν τα κενά με όσους σπόρους χρειαζόταν. Τέλος, με ογκομέτρηση των εναπομεινάντων σπόρων, με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου, προκύπτει ο όγκος του μετρούμενου δείγματος (V_a). Με διαίρεση αυτού με το βάρος του κλιβανισμένου τσουρεκιού (m_f) υπολογίζεται ο ειδικός όγκος (SV)(cm³/g).

$$SV = \frac{V_a}{m_f} \quad (5)$$

3.3.2.3. Πραγματική πυκνότητα ρ_t

Η πραγματική πυκνότητα αναφέρεται στην πυκνότητα του υλικού χωρίς τους πόρους (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2012). Η πραγματική πυκνότητα των τσουρεκιών υπολογίστηκε από την εξίσωση:

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} \quad (6)$$

Όπου m είναι το βάρος του δείγματος (g) (προ ζυγισμένη τριμμένη ποσότητα δείγματος) και V_t είναι ο πραγματικός όγκος (cm³).

3.3.2.4. Φαινόμενη πυκνότητα ρ_α

Η φαινόμενη πυκνότητα ενός τροφίμου υπολογίζεται από το λόγο της μάζας του προς τον συνολικό του όγκο, συμπεριλαμβανομένου και των πόρων αέρα. (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2012) Η φαινόμενη πυκνότητα προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των Lazou & Krokida (Lazou and Krokida, 2011). Ειδικότερα, αφαιρέθηκε από το κέντρο του τσουρεκιού ένα κυβάκι, οι διαστάσεις του οποίου μετρήθηκαν με ένα παχύμετρο. Στη συνέχεια, η φαινόμενη πυκνότητα προσδιορίστηκε από την εξίσωση:

$$\rho_\alpha = \frac{m}{h \cdot w \cdot l} \quad (7)$$

Όπου m είναι το βάρος του κύβου (g), h το ύψος του κύβου (cm), w το πλάτος του κύβου (cm) και l το μήκος του κύβου (cm). Τα αποτελέσματα είναι η μέση τιμή 10 επαναληπτικών μετρήσεων.

3.3.2.5. Πορώδες ε

Το πορώδες των τσουρεκιών υπολογίστηκε από την εξίσωση:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_t} \quad (8)$$

Όπου ρ_a είναι η φαινόμενη πυκνότητα και ρ_t είναι η πραγματική πυκνότητα των δειγμάτων. Τα αποτελέσματα είναι η μέση τιμή 5 επαναληπτικών μετρήσεων.

3.3.3. Ανάλυση υφής (TPA)

Η μέτρηση των χαρακτηριστικών υφής του τσουρεκιού έγινε με αναλυτή υφής (TA.XT2i; Stable Micro Systems, UK). Συγκεκριμένα, 5 φέτες πάχους 2cm κόπηκαν από το κέντρο της κάθε φρατζόλας τσουρεκιού και εφαρμόστηκε σε αυτές διπλή συμπίεση (Texture Profile Analysis - TPA). Το ειδικό στέλεχος που χρησιμοποιήθηκε για την συμπίεση ήταν κυλινδρικού σχήματος, διαμέτρου 25 mm (cylindrical probe) και το όργανο βαθμονομήθηκε με κελίο 25 kg (25 kg load cell). Η δοκιμή TPA πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες συνθήκες λειτουργίας: ταχύτητα προ-δοκιμής 3 mm/s, ταχύτητα δοκιμής 1 mm/s, ταχύτητα μετά τη δοκιμή 1 mm/s και παραμόρφωση δείγματος 50%. Το διάγραμμα δύναμης-χρόνου που προέκυψε από τις δοκιμές, χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των εξής παραμέτρων: τη σκληρότητα (hardness), τη συνεκτικότητα (cohesiveness), την ελαστικότητα (springiness), και μέσω των τιμών αυτών την κολλητικότητα (gumminess) και τη μασητικότητα (chewiness) των δειγμάτων.

Σκληρότητα: είναι η μέγιστη τιμή της δύναμης της πρώτης συμπίεσης του δείγματος, και στο διάγραμμα δύναμης-χρόνου είναι η τιμή του μέγιστου ύψους της πρώτης κορυφής.

Συνεκτικότητα: εκφράζει το πόσο καλά αντιστέκεται ένα προϊόν σε μία δεύτερη παραμόρφωση, σχετικά με το πώς συμπεριφέρθηκε στην πρώτη. Υπολογίζεται ως ο λόγος του εμβαδού της δεύτερης συμπίεσης προς το αντίστοιχο εμβαδό της πρώτης συμπίεσης (Εμβαδό 2/Εμβαδό 1).

Ελαστικότητα: δείχνει το πόσο καλά επανέρχεται ένα προϊόν στην αρχική του μορφή μετά την παραμόρφωσή του κατά τη διάρκεια της πρώτης συμπίεσης. Υπολογίζεται ως ο χρόνος μεταξύ του τέλους της πρώτης και της αρχής της δεύτερης συμπίεσης.

Κολλητικότητα: Είναι η αρνητική ενέργεια που απαιτείται για να τραβηχτεί το ειδικό στέλεχος (probe) από το δείγμα. Συνδέεται με την ενέργεια που απαιτείται για να γίνουν τα ημιστερεά τρόφιμα έτοιμα για κατάποση. Υπολογίζεται από το γινόμενο της σκληρότητας επί της συνεκτικότητας.

Μασητικότητα: ισχύει μόνο για τα στερεά προϊόντα και υπολογίζεται ως η ελαστικότητα επί την κολλητικότητα. Είναι η ενέργεια που απαιτείται για να γίνουν τα στερεά τρόφιμα έτοιμα για κατανάλωση.

(Mustafa *et al.*, 2018, Gonzales-Barron *et al.*, 2020, Arif Yilmaz and Faik Koca, 2020).

3.4. Φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση

3.4.1. Εκχύλιση φαινολικών ενώσεων

Η παραλαβή των φαινολικών ενώσεων από τα δείγματα του τσουρεκιού πραγματοποιήθηκε όπως περιγράφεται από τους Lafka *et al.*, (Lafka *et al.*, 2011). Ειδικότερα, αρχικά έγινε η απομάκρυνση του λίπους με εκχύλιση με κανονικό εξάνιο σε αναλογία όγκου διαλύτη/μάζα δείγματος 5:1 v/w για 1 h σε δονούμενη πλάκα (Orbital Shaker SO1, Stuart Scientific, UK), σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το εκχύλισμα διηθήθηκε με χωνί Buchner και το διήθημα που περιείχε το κλάσμα των λιπιδίων, απομακρύνθηκε. Στη συνέχεια, το υπόλειμμα επανεκχυλίστηκε για 24 h με μεθανόλη σε αναλογία διαλύτη: δείγμα 5:1 v/w (αναλογία όγκου προς μάζα) σε δονούμενη πλάκα (Orbital Shaker SO1, Stuart Scientific, UK), σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το νέο εκχύλισμα διηθήθηκε με χωνί Buchner και ελήφθη το διήθημα. Τέλος, διατηρήθηκε σε θερμοκρασία 5°C μέχρι να πραγματοποιηθεί ο ποσοτικός προσδιορισμός των φαινολικών ενώσεων (Lafka *et al.*, 2011).

3.4.2. Ποσοτικός προσδιορισμός ολικών φαινολών

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ολικών φαινολών των εκχυλισμάτων των τσουρεκιών πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu σύμφωνα με την μέθοδο των Lafka *et al.* (2011). Πιο αναλυτικά, 0,1-0,3 mL μεθανολικού διαλύματος του εκχυλίσματος των τροφίμων μεταφέρθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 25 mL, στην οποία εν συνεχεία, προστέθηκαν 20 mL απεσταγμένο νερό και 0,625 mL αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Το διάλυμα ανακινήθηκε και αφέθηκε σε ηρεμία για 3 min. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 2,5 mL κορεσμένου διαλύματος Na₂CO₃ (35%) και απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή. Έπειτα από 1 h, μετρήθηκε η απορρόφηση του δείγματος ως προς τον τυφλό προσδιορισμό στα 725nm. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο μονής δέσμης ορατού-υπεριώδους U.V.-VIS (UVmini 1240, Shimadzu, Ltd., Hong Kong). Το γαλλικό οξύ (gallic acid) χρησίμευσε ως πρότυπο για την προετοιμασία της καμπύλης βαθμονόμησης και κυμαινόταν από 60 έως 140 µg / 25 ml διαλύματος ανάλυσης (Lafka *et al.*, 2011).

3.4.3. Αντιοξειδωτική δράση

Η μέτρηση της αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών εκχυλισμάτων, πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο DPPH (1,1 diphenyl dipicryl hydrazin) σύμφωνα με τη μέ-

θοδο των Lafka et al. (2011) Ειδικότερα, προστέθηκαν σε κυψελίδα 0,1 mL μεθανολικού διαλύματος του εκχυλίσματος του δείγματος και 3,9 mL μεθανολικού διαλύματος DPPH (0,0025 g/100 mL CH₃OH) και μετρήθηκε η απορρόφηση στα 515 nm μέχρι να σταθεροποιηθεί. Συγχρόνως, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 515 nm του μάρτυρα (0,1 mL μεθανόλη + 3,9 mL διαλύματος DPPH) με τυφλό μεθανόλη. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο μονής δέσμης ορατού-υπεριώδους U.V.-VIS (UVmini 1240, Shimadzu, Ltd., Hong Kong).

Η αντιοξειδωτική δράση των δειγμάτων εκφρασμένη ως επί τοις εκατό αναστολή του DPPH, υπολογίστηκε σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Αναστολή \%} = \frac{\Delta A}{A_0} 100 \quad (9)$$

όπου A_0 η απορρόφηση στα 515 nm του μάρτυρα σε χρόνο $t=0$ min και $\Delta A = A_0 - A_{\text{τελ}}$, όπου $A_{\text{τελ}}$ η τελική απορρόφηση του δείγματος στα 515 nm (Lafka et al., 2011).

3.5. Οργανοληπτική αξιολόγηση

Η αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τσουρεκιών διεξήχθη όπως περιγράφεται από τους Lazou et al. (2010). Ειδικότερα, μια δεκαμελής εκπαιδευμένη ομάδα αποτελούμενη από μαθητές και προσωπικό (άνδρες και γυναίκες) ηλικίας 22-45 ετών από το τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής στην Αθήνα, Ελλάδα, συμμετείχε στην περιγραφική ανάλυση των τεσσάρων δειγμάτων τσουρεκιού. Είχαν όλοι, προηγουμένως, εκπαιδευτεί στο ειδικό λεξιλόγιο και στη μεθοδολογία της οργανοληπτικής ανάλυσης (ISO 13299, 2016) Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο σταθερής θερμοκρασίας ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), εξοπλισμένο με διαχωριστικά μεταξύ των θαλάμων αξιολόγησης και κανονικών συνθηκών φωτισμού, που βρίσκεται στο τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Τα δείγματα παρουσιάστηκαν σε τριψήφια κωδικοποιημένα πανομοιότυπα λευκά πιάτα σε φέτες πάχους 2 cm. Τέσσερα δείγματα δόθηκαν σε κάθε συνεδρία διάρκειας 45 min. Μεταξύ των διαδοχικών δοκιμών οι δοκιμαστές ξέπλεναν το στόμα τους με εμφιαλωμένο νερό, προκειμένου να ουδετεροποιήσουν τους υποδοχείς της γλώσσας. Οι περιγραφικοί όροι χωρίστηκαν σε 5 κύριες κατηγορίες: εμφάνιση, οσμή, γεύση, υφή με το χέρι, υφή στο στόμα. Ζητήθηκε από τους δοκιμαστές να τις αξιολογήσουν και να τις βαθμολογήσουν χρησιμοποιώντας μια κλίμακα 9 σημείων όπου: 1 = χαμηλότερη ένταση / όχι αντιληπτό χαρακτηριστικό, 5 = αρκετά αντιληπτό χαρακτηριστικό και 9 = υψηλότερη ένταση / εξαιρετικά αντιληπτό / πολύ έντονο. Ο Πίνακας 10 συνοψίζει τους περιγραφικούς όρους που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την αξιολόγηση, καθώς και τους ορισμούς τους και τους άξονες βαθμολογίας (Callejo, 2011). Το πείραμα διεξήχθη με τέτοιο τρόπο ώστε να ληφθούν τρεις επαναλήψεις για κάθε τύπο τσουρεκιού.

Πίνακας 10. Περιγραφικοί όροι, ορισμοί και άξονες βαθμολογίας (πηγή Callejo, 2011, Lazou et al., 2010)

	Χαρακτηριστικό	Ορισμός	Άξονας
Εμφάνιση	Χρώμα κόρας	Βαθμός σκούρου χρώματος της κόρας από ανοικτό καφέ έως σκούρο	Ανοικτό έως Σκούρο
	Χρώμα ψίχας	Βαθμός σκούρου χρώματος της ψίχας από λευκό/κίτρινο έως καφέ	Ανοικτό έως Σκούρο
	Αριθμός πόρων ψίχας	Αριθμός πόρων ψίχας ανά cm ²	Χαμηλό έως υψηλό
Οσμή	Άρωμα	Συνολική ένταση του αρώματος	Χαμηλή έως υψηλή
Γεύση	Γλυκιά	Παράγοντας γεύσης που προκαλείται από τα σάκχαρα	Ασθενής έως Ισχυρή
	Πικρή(μετάγευση)	Αναφέρεται στην πικρή γεύση διαλύματος καφεΐνης	Ασθενής έως Ισχυρή
Υφή με το χέρι	Σφιχτότητα ψίχας	Αντίσταση (δύναμη) της ψίχας σε πίεση με τα δάχτυλα	Χαμηλή έως υψηλή
	Λιπαρότητα	Ποσοστό λίπους στο χέρι	Χαμηλό έως υψηλό
Υφή στο στόμα	Σκληρότητα	Η δύναμη που ασκείται κατά το πρώτο δάγκωμα του δείγματος	Χαμηλή έως υψηλή
	Τραγανότητα κόρας	Βαθμός του θορύβου που ελευθερώνεται κατά τη μάσηση με τους γομφίους	Χαμηλό έως υψηλό
	Ελαστικότητα	Ανάκτηση του δείγματος μετά το πρώτο δάγκωμα	Χαμηλό έως υψηλό
	Μασητικότητα	Σκληρότητα του δείγματος κατά τη διάρκεια της μάσησης	Χαμηλή έως υψηλή
	Ικανότητα θρυμματισμού (Friability)	Τρόπος με τον οποίο τα δείγματα θραύονται σε μικρότερα κομμάτια κατά τη διάρκεια της μάσησης (Crumbly)	Χαμηλή έως υψηλή
	Συγκολλητικότητα	Συγκόλληση του δείγματος κατά τη μάσηση ή με άλλες επιφάνειες και δημιουργία κολλώδους μάζας	Χαμηλή έως υψηλή
	Συνεκτικότητα	Ο βαθμός κατά τον οποίο το μασημένο δείγμα συγκροτείται σε μία μάζα	Χαμηλή έως υψηλή
	Υγρασία ενυδάτωσης ψίχας	Ποσό σάλιου που ελευθερώνεται στο στόμα κατά τη μάσηση	Χαμηλό έως υψηλό

Η αποτίμηση της ολικής αποδοχής των τεσσάρων διαφορετικών τύπων τσουρεκιών διεξήχθη όπως περιγράφεται από τους Lazou et al. (2010). Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές αρεσκείας με 50 μη εκπαιδευμένους δοκιμαστές, που επιλέχθηκαν μεταξύ φοιτητών και προσωπικού του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής στην Αθήνα. Τα πειράματα σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε για κάθε τύπο τσουρεκιού να ληφθούν τρεις επαναλήψεις. Οι δοκιμές διεξήχθησαν στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο, που είναι κατάλληλος για οργανοληπτική αξιολόγηση και βρίσκεται στο τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Οι συνθήκες και η κωδικοποίηση των δειγμάτων έγινε κατά όμοιο τρόπο με την περιγραφική ανάλυση των προϊόντων. Τα τσουρέκια εκτιμήθηκαν

για την ολική τους αποδοχή χρησιμοποιώντας της 9βάθμια κλίμακα με εύρος από 1 (ανεπιθύμητο προϊόν) μέχρι 9 (πολύ επιθυμητό προϊόν) (Lazou, Krokida and Tzia, 2010).

3.6. Στατιστική επεξεργασία

Για την επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one way – ANOVA) Η επεξεργασία των δεδομένων διεξήχθη με το πρόγραμμα STATISTICA (release 12.5, StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα και συζήτηση

Σε αυτήν την ενότητα ακολουθούν τα αποτελέσματα τις παρούσας εργασίας, καθώς και η συζήτηση γύρω από αυτά.

4.1. Φυσικοχημικές ιδιότητες αποτελέσματα

Πίνακας 11. Φυσικοχημικές ιδιότητες τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης

Άλευρο κάνναβης (%)	0	10	30	50				
Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό (Baking loss) (%)	7,71±0,03 ^a	7,76±0,05 ^a	8,01±0,12 ^a	8,26±0,26 ^a				
	Ψίχα				Κόρα			
Άλευρο κάνναβης (%)	0	10	30	50	0	10	30	50
υγρασία (% w.b.)	28,90±0,27 ^d	28,22±0,08 ^c	27,22±0,26 ^b	24,56±0,22 ^a	17,88±0,18 ^d	16,91±0,03 ^c	15,09±0,12 ^b	14,00±0,06 ^a
a_w	0,8808±0,0042 ^a	0,8718±0,0041 ^a	0,8587±0,0079 ^a	0,8658±0,0019 ^a	0,7760±0,0157 ^a	0,7606±0,0197 ^a	0,7539±0,0078 ^a	0,7591±0,0144 ^a
L*	72,83±0,61 ^d	49,62±1,08 ^c	34,73±1,12 ^b	24,80±0,74 ^a	34,01±2,72 ^c	30,43±2,56 ^b	27,31±2,56 ^a	25,27±1,64 ^a
a*	3,81±0,19 ^b	4,77±0,17 ^c	5,78±0,09 ^a	5,77±0,08 ^a	17,32±0,89 ^d	13,50±1,29 ^c	9,010±1,37 ^b	6,640±0,66 ^a
b*	3,81±0,18 ^d	4,77±0,17 ^c	5,78±0,09 ^b	5,73±0,10 ^a	20,72±2,82 ^d	16,14±1,93 ^c	10,82±3,39 ^b	6,640±0,66 ^a
ΔE	-	23,43±0,96 ^a	39,30±0,60 ^b	49,67±0,63 ^c	-	5,980±0,01 ^a	11,35±0,17 ^b	21,03±0,50 ^c

^{a-d} Διαφορετικά γράμματα στην ίδια σειρά (ψίχα & κόρα ξεχωριστά) δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (p < 0,05) μεταξύ των δειγμάτων σύμφωνα με το κριτήριο Duncan's για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων τιμών

Η περιεχόμενη υγρασία του τελικού προϊόντος εξαρτάται από την απορρόφηση νερού κατά το σχηματισμό του ζυμαριού και την απώλεια νερού κατά τον κλιβανισμό (Apostol, Popa and Mustatea, 2015). Η περιεχόμενη υγρασία μειώθηκε σημαντικά (p < 0,05) με την αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης και στην ψίχα και στην κόρα του τσουρεκιού. Το τσουρέκι με 50% αλεύρι κάνναβης είχε 24,56 % στην ψίχα και 14% στην κόρα, ενώ το βασικό τσουρέκι, χωρίς κάνναβη, είχε 28,90% στην ψίχα και 17,88% στην κόρα. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι γιατί το άλευρο κάνναβης δεν περιέχει γλουτένη, σε αντίθεση με το άλευρο σίτου που η γλουτένη είναι η βασική του πρωτεΐνη. Η γλουτένη έχει μεγάλη ικανότητα απορρόφησης νερό, οπότε καθώς το ποσοστό της μειώνεται, μειώνεται και η ικανότητα του ζυμαριού να απορροφά νερό (Loza *et al.*, 2017). Οι Apostol *et al.* (2015) στη μελέτη τους, που αντικατέστησαν 5%, 10%, 15% και 20% από το αλεύρι σίτου με αλεύρι κάνναβης στην παραγωγή άρτων, κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα για την περιεχόμενη υγρασία. Καθώς το ποσοστό κάνναβης αυξήθηκε, μειώθηκε σημαντικά η υγρασία.

Η ενεργότητα ύδατος δεν επηρεάστηκε από την προσθήκη αλεύρου κάνναβης, ούτε στην ψίχα, ούτε στην κόρα. Στην ψίχα το βασικό τσουρέκι εμφάνισε τιμή 0,8808 για την ενεργότητα ύδατος, αποτέλεσμα το οποίο συμπίπτει με θεωρητικές τιμές ενεργότητας ύδατος για άρτο που κυμαίνονται μεταξύ 0,896 και 0,960 (Schmidt and Fontana, 2020).

Η μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό δεν επηρεάστηκε από την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Mikulec et al. (2019) στη μελέτη τους, που έφτιαξαν άρτο με 0% αλεύρι κάνναβης, 15%, 30% και 50%, αντικαθιστώντας κάθε φορά το αντίστοιχο ποσοστό του αλεύρου σίτου. Οι Mikulec et al. (2019) ανέφεραν ότι η προσθήκη κάνναβης δεν είχε καμία επίδραση την μεταβολή του βάρους κατά τον κλιβανισμό.

Η προσθήκη κάνναβης, που έχει ένα σκούρο πρασινωπό χρώμα, είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στο χρώμα της ψίχας και της κόρας του τσουρεκιού. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0.05$) στη φωτεινότητα της ψίχας (L^*), με τιμές 72,83 για το βασικό τσουρέκι, και 24,80 για το τσουρέκι με 50% κάνναβη. Για την κόρα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) της φωτεινότητας και μετρήθηκε αντίστοιχα 34,01 για το βασικό τσουρέκι, και 25,27 για το τσουρέκι με 50% κάνναβη. Η συντεταγμένη a^* ήταν θετική σε όλα τα δείγματα και εμφάνισε στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) στην ψίχα από 3,81 σε 5,77, και αύξηση στην κόρα από 17,32 σε 6,64. Η αύξηση της συγκεκριμένης τιμής τείνει προς την κοκκινότερη απόχρωση, ενώ η μείωση προς λιγότερο κόκκινη. Οι αρνητικές τιμές της είναι στο πράσινο χρώμα (Diprat et al., 2020). Η συντεταγμένη b^* ήταν, επίσης, θετική για όλα τα δείγματα και εμφάνισε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) στην ψίχα από 3,81 σε 5,73, και μείωση στην κόρα από 20,72 σε 6,64. Αύξηση της συγκεκριμένης συντεταγμένης τείνει προς κιτρινότερη απόχρωση, ενώ η μείωσή της προς λιγότερο κίτρινη. Οι αρνητικές τιμές της είναι στο μπλε χρώμα (Diprat et al., 2020). Η συνολική διαφορά χρώματος ΔE εμφάνισε στατικά σημαντική αύξηση στην ψίχα, από 23,43 σε 49,67 και στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) στην κόρα από 5,98 σε 21,03. Επιπλέον, για όλες τις τιμές ισχύει ότι $\Delta E > 3$, επομένως η διαφορά χρώματος θεωρείται ορατή από το ανθρώπινο μάτι (Pojic et al., 2015). Στην Εικόνα 9 που ακολουθεί απεικονίζονται οι διατομές των τεσσάρων προϊόντων, διαφορετικής συγκέντρωσης αλεύρου κάνναβης.



Εικόνα 9. Απεικόνιση τσουρεκιών διαφορετικής συγκέντρωσης σε άλευρο κάνναβης. α) τσουρέκι με 0% άλευρο κάνναβης, β) τσουρέκι με 10% άλευρο κάνναβης, γ) τσουρέκι με 30% άλευρο κάνναβης, δ) τσουρέκι με 50% άλευρο κάνναβης

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμπίπτουν με αυτά της έρευνας των Mikulec et al. (2019), που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, έφτιαξαν άρτους με 15%, 30% και 50% άλευρο κάνναβης. Πήραν μετρήσεις μόνο για την ψίχα των άρτων και παρατήρησαν στατιστικά σημαντική μείωση στη φωτεινότητα από 73,14 σε 29,25. Η συντεταγμένη a^* εμφάνισε στατιστικά σημαντική αύξηση από 0,85 σε 3,36 και η συντεταγμένη b^* εμφάνισε στατιστικά σημαντική μείωση από 18,88 σε 7,92. Η διαφορά στο χρώμα εμφάνισε στατιστικά σημαντική αύξηση από 33,72 σε 45,28 και ήταν ορατή από το ανθρώπινο μάτι (Mikulec et al., 2019).

4.2. Δομικές ιδιότητες αποτελέσματα

Πίνακας 12. Δομικές ιδιότητες τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης

Άλευρο κάνναβης (%)	Φαινόμενος όγκος V_a (cm ³)	Ειδικός όγκος SV (cm ³ /g)	Φαινόμενη πυκνότητα ρ_a (g/cm ³)	Πραγματική πυκνότητα ρ_t (g/cm ³)	Πορώδες ε
0	1935±35 ^d	3,59±0,09 ^a	0,283±0,031 ^b	1,080±0,013 ^b	0,738±0,025 ^b
10	1870±28 ^c	3,53±0,04 ^a	0,357±0,010 ^a	1,272±0,040 ^a	0,719±0,015 ^b
30	1670±00 ^b	3,26±0,11 ^c	0,387±0,015 ^a	1,306±0,104 ^a	0,703±0,015 ^{ab}
50	1427±32 ^a	2,65±0,11 ^b	0,522±0,019 ^c	1,666±0,054 ^a	0,676±0,005 ^a

^{a-d} Διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) μεταξύ των δειγμάτων σύμφωνα με το κριτήριο Duncan's για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων τιμών

Όπως φαίνεται στον πίνακα 12, το αυξανόμενο ποσοστό αλεύρου κάρναβης επηρέασε τα δομικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) στον φαινόμενο όγκο των τελικών τσουρεκιών από 1935 cm^3 , που ήταν ο όγκος του βασικού τσουρεκιού, σε 1427 cm^3 που ήταν ο όγκος του τσουρεκιού με 50% άλευρο κάρναβης. Ο λόγος της μείωσης του όγκου οφείλεται στη μείωση του ποσοστού της γλουτένης, και της ταυτόχρονης αύξησης των διαιτητικών ινών, που αντιδρούν με το πλέγμα της γλουτένης και δεν επιτρέπουν την συγκράτηση αερίων ζύμωσης (Apostol, Popa and Mustatea, 2015, Mikulec *et al.*, 2019). Στα ίδια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Apostol *et al.* (2015), που έφτιαξαν άρτο αντικαθιστώντας το άλευρο σίτου με άλευρο κάρναβης σε ποσοστά 5%, 10%, 15% και 20%. Ο όγκος των άρτων μειώθηκε από 397 cm^3 που ήταν για τον βασικό άρτο με 0% κάρναβη, σε 243 cm^3 για τον άρτο με 20% άλευρο κάρναβης. Οι Mikulec *et al.* (2019) έφτιαξαν άρτο με 15%, 30% και 50% άλευρο κάρναβης, και παρατήρησαν στατιστικά σημαντική μείωση όταν πρόσθεσαν 30% και 50% άλευρο κάρναβης. Για το βασικό τους άρτο, με 0% άλευρο κάρναβης, μέτρησαν 1243 cm^3 , ενώ για τον άρτο με 50% κάρναβη μέτρησαν 1048 cm^3 .

Ο ειδικός όγκος SV υπολογίζεται από το λόγο του φαινόμενου όγκου προς την τελική μάζα (g) του τελικού προϊόντος. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) του του ειδικού όγκου από $3,59 \text{ cm}^3/\text{g}$ σε $2,65 \text{ cm}^3/\text{g}$.

Η προσθήκη κάρναβης προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) στην φαινόμενη πυκνότητα από $0,283 \text{ g/cm}^3$ για το τσουρέκι με 0% άλευρο κάρναβης, σε $0,522 \text{ g/cm}^3$ για το τσουρέκι με 50% άλευρο κάρναβης. Η πραγματική πυκνότητα εξαρτάται από τον πραγματικό όγκο, που είναι ο όγκος τους τσουρεκιού χωρίς τους πόρους αέρα. Ο πραγματικός όγκος όλων των δειγμάτων τσουρεκιού με άλευρο κάρναβης δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές, επομένως στον υπολογισμό της πραγματικής πυκνότητας, εμφανίζεται μία στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) με την προσθήκη 10% αλεύρου κάρναβης, αλλά η επιπλέον προσθήκη κάρναβης, δεν επηρεάζει περαιτέρω την πραγματική πυκνότητα (Πίνακας 12). Το πορώδες υπολογίστηκε με τη βοήθεια της φαινόμενης και της πραγματικής πυκνότητας. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 12, εμφάνισε στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) με την προσθήκη 30% και 50% αλεύρου κάρναβης. Συγκεκριμένα υπολογίστηκε η τιμή $0,738$ για το τσουρέκι με 0% κάρναβη, $0,703$ για το τσουρέκι με 30% κάρναβη και $0,676$ για το τσουρέκι με 50% κάρναβη. Η μείωση του πορώδους ήταν ένα αναμενόμενο φαινόμενο, μιας και η βασική αιτία που ο φαινόμενος όγκος μειώνεται είναι λόγω της αδυναμίας συγκράτησης αερίων ζύμωσης, άρα λιγότεροι πόροι αέρα στο τελικό προϊόν.

4.3. Ανάλυση υφής αποτελέσματα

Πίνακας 13. Αποτελέσματα του TPA test των τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάνναβης

Άλευρο κάνναβης (%)	Σκληρότητα (N)	Συνεκτικότητα	Ελαστικότητα (%)	Κολλητικότητα	Μασητικότητα (%)
0	4,880±0,240 ^a	0,629±0,025 ^d	0,951±0,013 ^a	2,986±0,238 ^b	2,873±0,331 ^a
10	6,050±0,240 ^b	0,597±0,022 ^c	0,934±0,019 ^a	3,482±0,153 ^a	3,200±0,150 ^a
30	8,930±0,380 ^c	0,565±0,019 ^b	0,921±0,025 ^a	3,845±0,268 ^a	3,835±0,132 ^b
50	11,550±0,540 ^d	0,461±0,010 ^a	0,877±0,034 ^b	4,934±0,378 ^c	5,656±0,053 ^c

^{a-d} Διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) μεταξύ των δειγμάτων σύμφωνα με το κριτήριο Duncan's για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων τιμών

Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης επηρέασε σημαντικά κάποια χαρακτηριστικά υφής, ενώ κάποια άλλα όχι. Ειδικότερα, η αυξανόμενη ποσότητα αλεύρου κάνναβης είχε σαν αποτέλεσμα την στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) της σκληρότητας της υφής της ψίχας του τσουρεκιού από 4,880 N σε 11,550 N. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι λόγω της μείωσης του όγκου (Πίνακας 12). Ο μειωμένος όγκος σημαίνει προϊόν με πυκνότερη δομή και άρα σκληρότερη υφή (Mikulec *et al.*, 2019). Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα συμπίπτει με τα αποτελέσματα της μελέτης των Rojic *et al.* (2015) που στη μελέτη τους αντικατέστησαν με 5%, 10% και 20% άλευρο σίτου με άλευρο κάνναβης για την παραγωγή άρτων. Παρατήρησαν ότι με την αύξηση της ποσότητας κάνναβης προέκυψε στατιστικά σημαντική αύξηση της σκληρότητας της ψίχας των άρτων. Συγκεκριμένα από 0,878 N για τον βασικό άρτο, μόνο με άλευρο σίτου, σε 3,054 N για τον άρτο με 20% κάνναβη.

Η αύξηση της ποσότητας κάνναβης είχε σαν αποτέλεσμα την στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) της συνεκτικότητας από 0,629 σε 0,461. Η συνεκτικότητα εκφράζει το βαθμό κατά τον οποίο ένα υλικό μπορεί να παραμορφωθεί πριν σπάσει. Αρτοσκευάσματα με υψηλή συνεκτικότητα είναι πιο επιθυμητά, γιατί δεν αποσυντίθενται κατά τη διάρκεια της μάσησης, ενώ αρτοσκευάσματα με χαμηλή συνεκτικότητα έχουν αυξημένη ευαισθησία σε θραύση ή θρυμματισμό (Matos and Rosell, 2012). Τα τσουρέκια με χαμηλή συνεκτικότητα θρυμματίζονται πιο εύκολα. Το διαταραγμένο πλέγμα γλουτένης είναι η αιτία που η συνεκτικότητα μειώθηκε. Σε ίδια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Rojic *et al.* (2015). Συγκεκριμένα με την αύξηση της κάνναβης παρατήρησαν στατιστικά σημαντική μείωση στη συνεκτικότητα του άρτου, από 0,772 που ήταν η τιμή για τον βασικό άρτο, σε 0,692 που ήταν η τιμή για άρτο με 20% κάνναβη.

Η ελαστικότητα μειώθηκε σημαντικά ($p < 0,05$) όταν προστέθηκε 50% άλευρο κάνναβης (Πίνακας 13). Οι Rojic *et al.* (2015) παρατήρησαν στατιστικά σημαντική μείωση στην ελαστικότητα όταν πρόσθεσαν 20% άλευρο κάνναβης.

Η κολλητικότητα προκύπτει από το γινόμενο της σκληρότητας επί της συνεκτικότητας, οπότε όπως ήταν λογικό, αφού η σκληρότητα και η συνεκτικότητα επηρεάστηκαν από την προσθήκη κάνναβης, και η τιμή της κολλητικότητας έχει επηρεαστεί. Συγκεκριμένα με την προσθήκη 10% και 30% αλεύρου κάνναβης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) σε σχέση με το βασικό τσουρέκι. Με την προσθήκη 50% κάνναβης σημειώθηκε περαιτέρω σημαντική αύξηση.

Τέλος, η μασητικότητα υπολογίζεται από το γινόμενο της ελαστικότητας επί της κολλητικότητας και όπως φαίνεται στον Πίνακα 13 εμφανίζεται στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) με την προσθήκη 30% και 50% αλεύρου κάνναβης. Οι Rojic et al. (2015) παρατήρησαν στατιστικά σημαντική αύξηση μεταξύ όλων των διαφορετικών ποσοστών προστιθέμενης κάνναβης.

4.4. Φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση αποτελέσματα

Πίνακας 14. Φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά κάνναβης

Άλευρο κάνναβης (%)	Φαινολικά (mg/ 100g)	Αντιοξειδωτική Δράση (%)
0	61,09±4,69 ^a	7,73±2,10 ^a
10	115,39±5,86 ^b	11,44±0,29 ^b
30	136,95±0,59 ^c	24,93±0,62 ^c
50	236,21±1,83 ^d	35,12±2,01 ^d

^{a-d} Διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) μεταξύ των δειγμάτων σύμφωνα με το κριτήριο Duncan's για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων τιμών

Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης είχε σαν αποτελέσματα την στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) των φαινολικών από 61,09 mg/100g σε 236,21 mg/100g. Το άλευρο από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης είναι πλούσιο σε φαινολικά (Leonard et al., 2020) οπότε η αύξηση σε φαινολικά στο τελικό προϊόν ήταν αναμενόμενη.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) στην αντιοξειδωτική δράση από 7,73% που ήταν για το βασικό τσουρέκι, φτιαγμένο αποκλειστικά με άλευρο σίτου, σε 35,12% για το τσουρέκι με 50% άλευρο κάνναβης.

Οι Mikulec et al (2019), επίσης, μέτρησαν τα ολικά φαινολικά των τελικών προϊόντων, καθώς και την αντιοξειδωτική τους δράση, και κατέληξαν στο ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης προκάλεσε σημαντική αύξηση και στα δύο, με τον άρτο με 50% άλευρο κάνναβης να έχει τις μεγαλύτερες τιμές.

4.5. Οργανοληπτική αξιολόγηση αποτελέσματα

Πίνακας 15. Τιμές οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τσουρεκιών με διαφορετικά ποσοστά αλεύρου κάρναβης

Χαρακτηριστικό	Άλευρο κάρναβης (%)			
	0	10	30	50
Εμφάνιση				
Χρώμα κόρας	4,60±0,80 ^a	5,90±0,87 ^b	7,10±0,57 ^c	8,30±0,49 ^d
Χρώμα ψίχας	1,90±0,30 ^a	4,80±0,75 ^b	6,60±0,71 ^c	8,30±0,44 ^d
Αριθμός πόρων ψίχας	7,40±0,57 ^b	7,10±0,76 ^{ab}	6,30±0,85 ^b	5,30±0,89 ^a
Οσμή				
Άρωμα	7,80±0,53 ^b	7,20±0,71 ^{ab}	6,80±0,63 ^a	7,60±0,50 ^{ab}
Γεύση				
Γλυκιά	7,00±0,53 ^c	6,10±0,83 ^a	5,90±0,90 ^a	4,60±0,58 ^b
Πικρή (μετάγευση)	1,10±0,42 ^a	2,90±0,87 ^b	4,80±0,83 ^c	7,30±0,63 ^d
Υφή με το χέρι				
Σφιχτότητα ψίχας	2,80±0,78 ^a	2,90±0,79 ^a	4,00±0,83 ^b	5,80±0,74 ^c
Λιπαρότητα	2,50±0,83 ^a	2,10±0,31 ^a	4,40±0,81 ^b	4,70±0,51 ^b
Υφή στο στόμα				
Σκληρότητα	2,40±0,90 ^a	3,30±0,64 ^b	4,20±0,46 ^c	5,50±0,57 ^d
Τραγανότητα κόρας	1,70±0,53 ^a	3,70±0,80 ^b	4,60±0,82 ^c	5,70±0,84 ^d
Ελαστικότητα	6,90±0,81 ^b	6,30±0,79 ^b	4,20±0,86 ^a	5,30±0,71 ^a
Μασητικότητα	2,20±0,83 ^a	3,10±0,54 ^b	4,30±0,80 ^c	5,40±0,80 ^d
Ικανότητα θρυμματισμού	2,50±0,67 ^a	3,00±0,70 ^a	4,80±0,67 ^b	4,90±0,64 ^b
Συγκολλητικότητα	5,40±0,86 ^a	6,10±0,54 ^a	4,90±0,83 ^a	4,30±0,64 ^a
Συνεκτικότητα	5,70±0,81 ^a	6,40±0,71 ^a	5,20±0,85 ^a	4,80±0,71 ^a
Υγρασία ενυδάτωσης ψίχας	6,90±0,88 ^b	6,40±0,75 ^{ab}	5,20±0,82 ^a	5,80±0,70 ^a
Ολική αποδοχή	8,10±0,58^b	7,30±0,48^{ab}	6,40±0,82^a	5,40±0,66^c

^{a-d} Διαφορετικά γράμματα στην ίδια γραμμή δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) μεταξύ των δειγμάτων σύμφωνα με το κριτήριο Duncan's για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων τιμών

Στον Πίνακα 15 απεικονίζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης που έλαβε χώρα στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο του Πανεπιστημίου. Όπως ήδη έχει αναφερθεί η αξιολόγηση χωρίστηκε σε 5 κατηγορίες: 1) εμφάνιση, 2) οσμή, 3) γεύση, 4) υφή με το χέρι και 5) υφή στο στόμα. Επίσης, αξιολογήθηκε η ολική αποδοχή των τσουρεκιών διαφορετικών ποσοστών αλεύρου κάρναβης.

Εμφάνιση

Η σταδιακά αυξανόμενη προσθήκη κάρναβης είχε σαν αποτέλεσμα την στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) στην τιμή του χρώματος και στην ψίχα και στην κόρα από 4,60 σε 8,30 για την κόρα και από 1,90 σε 8,30 για την ψίχα. Η αύξηση της τιμής σημαίνει ότι το χρώμα πηγαίνει προς σκουρότερες αποχρώσεις. Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης συμφωνούν με τα αποτελέσματα που πάρθηκαν από το χρωματόμετρο (Πίνακας 11), σύμφωνα με τα οποία η φωτεινότητα L^* και της κόρας και της ψίχας υπέστη στατιστικά

σημαντική μείωση. Ο αριθμός των πόρων της ψίχας ανά cm^2 υπέστη στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) με την προσθήκη 50% αλεύρου κάνναβης. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα συμφωνεί με τη μέτρηση του πορώδους ε (Πίνακας 12), σύμφωνα με την οποία υπολογίστηκε στατιστικά σημαντική μείωση για το τσουρέκι με 50% κάνναβη.

Οσμή

Την στατιστικά υψηλότερη ($p < 0,05$) τιμή για το άρωμα την έλαβε το βασικό τσουρέκι, που ήταν 7,80, ενώ την στατιστικά χαμηλότερη τιμή την έλαβε το τσουρέκι με 30% κάνναβη, που ήταν 6,80. Το τσουρέκι με 10% κάνναβη και 50% κάνναβη δεν είχαν στατιστική διαφορά μεταξύ τους και οι τιμές τους βρισκόταν μεταξύ του 7,80 και 6,80. Γενικά το τσουρέκι ένα από τα χαρακτηριστικά που έχει είναι τα έντονα αρώματα λόγω των πολλών αρωματικών συστατικών που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή. Γι' αυτό το λόγω γενικά όλες οι τιμές του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού ήταν υψηλές. Ο λόγος που το τσουρέκι με 50% κάνναβη δεν έχει στατιστικά σημαντική διαφορά με το τσουρέκι με 10% κάνναβη οφείλεται μάλλον στο δυνατό άρωμα που έχει το αλεύρι κάνναβης. Σε όλα τα δείγματα χρησιμοποιήθηκε η ίδια ποσότητα αρωματικών, όμως στο τσουρέκι με 50% κάνναβη τα αρώματα των αρωματικών είχαν να ανταγωνιστούν το δυνατό άρωμα του αλεύρου κάνναβης. Ενώ στο βασικό τσουρέκι, και στο τσουρέκι με 10% κάνναβη υπερισχύουν τα αρώματα του μαχλέπι, μαστίχας και βανίλιας.

Γεύση

Η γλυκιά γεύση εμφανίζει την στατιστικά χαμηλότερη ($p < 0,05$) τιμή της για το τσουρέκι που περιέχει 50% κάνναβη. Παρόλο που η ποσότητα της ζάχαρης παρέμεινε η ίδια, το άλευρο κάνναβης έχει μια χαρακτηριστικά πικρή γεύση. Γι' αυτό το λόγο δίνει την εντύπωση ότι το δείγμα με 50% κάνναβη είναι λιγότερο γλυκό. Η πικρή μετάγευση αυξάνεται σημαντικά ($p < 0,05$) με την σταδιακή προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Η τιμή για το βασικό τσουρέκι είναι 1,10, ενώ για το τσουρέκι με 50% κάνναβη φτάνει το 7,30.

Υφή με το χέρι

Στην σφιχτότητα της ψίχας, η προσθήκη 10% κάνναβης δεν προκάλεσε στατιστικά σημαντική αλλαγή. Αλλά μετά με την σταδιακή αύξηση της ποσότητας της κάνναβης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) της σφιχτότητας από 2,90 για το τσουρέκι με 10% κάνναβη, σε 5,80 για το τσουρέκι με 50% κάνναβη. Αυτή η αξιολόγηση συμφωνεί με τις μετρήσεις των δομικών ιδιοτήτων των τσουρεκιών (Πίνακας 12), που ο όγκος μειώθηκε σημαντικά με την σταδιακά αυξανόμενη προσθήκη κάνναβης. Τα αρτοσκευάσματα με μικρότερο όγκο είχαν πιο σφιχτή δομή.

Όσον αφορά τη λιπαρότητα της ψίχας, τα βασικά τσουρέκια δεν διαφέρουν στατιστικά από τσουρέκια με 10% κάρναβη. Όμως, η προσθήκη 30% και 50% κάρναβης αύξησε σημαντικά ($p < 0,05$) τη λιπαρότητα. Παρόλο που στην συγκεκριμένη μελέτη έγινε χρήση αλεύρου από υπολείμματα απολίπανσης των σπόρων κάρναβης, δεν είναι ποτέ εφικτή η πλήρης απομάκρυνση του ελαίου από τους σπόρους κάρναβης. Οι Jukic *et al.* (2019) στη μελέτη τους αναφέρουν ότι μετά την απομάκρυνση του ελαίου από τον ελαιούχο σπόρο, είναι πιθανό να μείνει ποσότητα ελαίου στα υπολείμματα, και η ποσότητα που θα μείνει εξαρτάται από τον τρόπο εκχύλισης του λαδιού (ψυχρή ή θερμή συμπίεση, εκχύλιση με διαλύτη ή εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO_2). Για οικονομικούς λόγους και λόγους απόδοσης, για τους μικρούς σπόρους επιλέγεται η ψυχρή συμπίεση και όχι η εκχύλιση με κάποιο διαλύτη. Μετά την ψυχρή συμπίεση μπορεί να παραμείνει στα υπολείμματα αρκετή ποσότητα ελαίου που σε ορισμένες περιπτώσεις, κυμαίνεται μεταξύ 30% και 35% σε ξηρή βάση (Jukic *et al.*, 2019). Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση αλεύρου από υπολείμματα απολίπανσης ψυχρής συμπίεσης σπόρων κάρναβης.

Υφή στο στόμα

Η σκληρότητα αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) με την σταδιακή αύξηση του αλεύρου κάρναβης, από τιμή 2,40 για το βασικό τσουρέκι, σε 5,50 για το τσουρέκι με 50% κάρναβη. Η συγκεκριμένη αξιολόγηση συμφωνεί με τα αποτελέσματα του αναλυτή υφής (Πίνακας 13), σύμφωνα με τα οποία μετρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στην σκληρότητα. Η τραγανότητα της κόρας, επίσης, σημείωσε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$), καθώς το ποσοστό της κάρναβης σταδιακά αυξήθηκε, με τιμές 1,70 για το βασικό τσουρέκι σε 5,70 για το τσουρέκι με 50% άλευρο κάρναβης. Η ελαστικότητα εμφάνισε τις υψηλότερες τιμές της για το βασικό τσουρέκι (6,90) και το τσουρέκι με 10% κάρναβη (6,30), ενώ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0,05$) με την προσθήκη 30% και 50% κάρναβης με τιμές να κυμαίνονται μεταξύ του 4,20 και 5,30. Σύμφωνα με τον αναλυτή υφής (Πίνακας 13) η ελαστικότητα παρουσίασε στατιστικά σημαντική μείωση μόνο στην προσθήκη 50% κάρναβης. Η μασητικότητα, που είναι η σκληρότητα του δείγματος κατά τη διάρκεια της μάσησης (Πίνακας 10) παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$), καθώς αυξήθηκε σταδιακά το ποσοστό αλεύρου κάρναβης, με τιμές 2,20 για το βασικό τσουρέκι, σε 5,40 για το τσουρέκι με 50% άλευρο κάρναβης. Δεδομένου ότι η σκληρότητα του δείγματος αυξήθηκε, ήταν λογική συνέπεια να αυξηθεί και η μασητικότητα του δείγματος. Η ικανότητα θρυμματισμού της ψίχας, δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με την προσθήκη 10% κάρναβης. Όμως με την προσθήκη 30% και 50% κάρναβης παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$). Τσουρέκια με χαμηλότερη συνεκτικότητα θρυμματίζονται πιο εύκολα, και

σύμφωνα με τον αναλυτή υφής (Πίνακας 13) την χαμηλότερη συνεκτικότητα την παρουσίασαν τα τσουρέκια με 30% και 50% κάνναβη. Οι τιμές της συγκολλητικότητας και της συνεκτικότητας που προέκυψαν από την οργανοληπτική αξιολόγηση, δείχνουν ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Η υγρασία ενυδάτωσης της ψίχας, δηλαδή το ποσό του σάλιου που απελευθερώνεται κατά τη μάσηση (Πίν. 10), παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) με την προσθήκη 30% και 50% κάνναβης.

Ολική αποδοχή

Το τσουρέκι που έλαβε την υψηλότερη βαθμολογία ήταν το βασικό τσουρέκι χωρίς την προσθήκη κάνναβης με τιμή 8,10. Το τσουρέκι με 10% κάνναβη έλαβε λίγο χαμηλότερη τιμή (7,30) χωρίς όμως να θεωρείται στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη τιμή. Το τσουρέκι με 30% κάνναβη χαρακτηρίστηκε με στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη τιμή ($p < 0,05$) σε σχέση με το βασικό τσουρέκι (6,40). Το τσουρέκι με 50% κάνναβη έλαβε την χαμηλότερη αξιολόγηση από όλα τα δείγματα. Για να θεωρείτε ένα προϊόν αποδεκτό πρέπει να λαμβάνει αξιολόγηση πάνω από 6 (Lazou, Krokida and Tzia, 2010), οπότε το μοναδικό δείγμα που δεν θεωρείται αποδεκτό είναι το τσουρέκι με 50% κάνναβη.

Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα και υποδείξεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα εργασία έγινε αξιοποίηση υπολειμμάτων σπόρων κάνναβης στην παρασκευή τσουρεκιών, ένα γλυκό αρτοσκεύασμα πλούσιου ζυμαριού. Η προσθήκη του αλεύρου κάνναβης ενίσχυσε σημαντικά την περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά με τιμές 236,21 mg/100g για το τσουρέκι με 50% κάνναβη σε σύγκριση με το βασικό τσουρέκι με τιμή 61,09 mg/100g. Η αντιοξειδωτική δράση επίσης αυξήθηκε από 7,73% που ήταν για το βασικό τσουρέκι σε 35,12% για το τσουρέκι με 50% κάνναβη.

Τα τσουρέκια με 10% και 30% κάνναβη χαρακτηρίστηκαν ως αποδεκτά από το πάνελ των δοκιμαστών κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση. Επιπλέον, τα δείγματα με 30% και 50% κάνναβη χαρακτηρίστηκαν από στατιστικά σημαντική αύξηση στη λιπαρότητα, αύξηση στην σκληρότητα, μείωση στην ελαστικότητα, αύξηση στην μασητικότητα και αύξηση στην ικανότητα θρυμματισμού σε σχέση με το δείγμα με 10% κάνναβη. Παρατηρήθηκε μείωση στην υγρασία της ψίχας με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Ακόμη, παρατηρήθηκε μείωση στην φωτεινότητα των τσουρεκιών και άλλαξε και το χρώμα της ψίχας παίρνοντας μία απόχρωση προς το σκούρο πράσινο, λόγω του χρώματος που έχει το αλεύρο κάνναβης. Η διαφορά στο χρώμα είναι ορατή στο ανθρώπινο μάτι. Ο όγκος και το πορώδες των τσουρεκιών μειώθηκαν με την προσθήκη του αλεύρου κάνναβης, ενώ η φαινόμενη πυκνότητα αυξήθηκε. Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης προκάλεσε αύξηση στην σκληρότητα και μείωση στην συνεκτικότητα των προϊόντων.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω συμπεράσματα, η προσθήκη αλεύρου κάνναβης είχε μεγάλη επίδραση στα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος και είναι εφικτή η παραγωγή τσουρεκιών με προσθήκη αλεύρου κάνναβης με αποδεκτά και επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά.

5.1. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η μελέτη των αρτοσκευασμάτων πλούσιου ζυμαριού είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο και αυτό δίνει έναυσμα για περαιτέρω έρευνα. Ακολουθεί μία σειρά προτάσεων για ερευνητική εμβάθυνση:

- Μελέτη ρεολογίας ζυμαριού με και χωρίς προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε διαφορετικά ποσοστά.
- Θερμικός χαρακτηρισμός των ζυμαριών με και χωρίς προσθήκη κάνναβης σε διαφορετικά ποσοστά, καθώς και θερμικός χαρακτηρισμός των τελικών προϊόντων (π.χ. εύρεση περιοχής υαλώδους μετάπτωσης)

- Παλαίωση του τσουρεκιού διαφορετικών ποσοστών κάνναβης και επιλογή κατάλληλης συσκευασίας.
- Υπολογισμός των υπολοίπων θρεπτικών συστατικών όπως πρωτεΐνες και φυτικές ίνες. Επίσης είναι εξίσου σημαντικός ο προσδιορισμός των αντιθρεπτικών ενώσεων που εμπεριέχονται και υπάρχει κίνδυνος να μειώσουν τη δράση των θρεπτικών συστατικών.
- Παραγωγή τσουρεκιών αυστηρά χορτοφαγικών (vegan) με και χωρίς προσθήκη κάνναβης διαφορετικών ποσοστών, καθώς και παραγωγή τσουρεκιών χωρίς γλουτένη με άλευρα χωρίς γλουτένη και άλευρο κάνναβης και μελέτη των ιδιοτήτων τους.
- Να μελετηθούν οι λειτουργικές ιδιότητες του αλεύρου από υπολείμματα απολίπανσης σπόρων κάνναβης.
- Να γίνει περαιτέρω ανάλυση στα αντιοξειδωτικά, μήπως συμπεριλαμβάνονται ενώσεις με αντιμυκητιακή δράση, γεγονός που θα μπορούσε να έχει θετική συμβολή στη διατηρησιμότητα των τσουρεκιών.
- Να γίνει διερεύνηση αν υπάρχει δυνατότητα αποχρωματισμού του αλεύρου κάνναβης ώστε να λάβει υψηλότερη βαθμολογία στην οργανοληπτική αξιολόγηση. Ο μέσος καταναλωτής δεν είναι συνηθισμένος να βλέπει σκουρόχρωμα τρόφιμα, προτιμά αρτοσκευάσματα που έχουν πιο κιτρινωπό χρωματισμό.

Βιβλιογραφία

- (ΕΚ) 178/2002 (2002) 'ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 178/2002', *eur-lex.europa.eu*, pp. 1–44. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/>.
- AACC (2001) 'Method 10-05.01, Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement.', *Approved method of analysis, AACC International*, 11th ed., p. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- AACC (2013) 'Method 44-15.02, Moisture-Air-Oven Methods', *Approved method of analysis, AACC International*, 11th ed., p. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- de Andrade Lima, M. *et al.* (2019) 'Supercritical fluid extraction of carotenoids from vegetable waste matrices', *Molecules*, 24(3). doi: 10.3390/molecules24030466.
- Apostol, L. *et al.* (2017) 'the Effects of Partially Defatted Milk Thistle (*Silybum Marianum*) Seed Flour on Wheat Flour', (July).
- Apostol, L., Popa, M. and Mustatea, G. (2015) 'Cannabis sativa L partially skimmed flour as source of bio-compounds in the bakery industry', *Romanian Biotechnological Letters*, 20(5), pp. 10835–10844.
- Arif Yilmaz, V. and Faik Koca, A. (2020) 'Quality, sensorial and textural properties of einkorn and durum bulgur produced with several methods', *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22(September), p. 100263. doi: 10.1016/j.ijgfs.2020.100263.
- Arrutia, F. *et al.* (2020) 'Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements', *Trends in Food Science and Technology*, 100(January), pp. 88–102. doi: 10.1016/j.tifs.2020.03.044.
- Awolu, O. O., Osemekere, R. O. and Ifesan, B. O. T. (2016) 'Antioxidant, functional and rheological properties of optimized composite flour, consisting wheat and amaranth seed, brewers' spent grain and apple pomace', *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), pp. 1151–1163. doi: 10.1007/s13197-015-2121-8.
- Białek, M. *et al.* (2016) 'Substitución parcial de la harina de trigo por harina de semilla de calabaza en madalenas ofrecidas a niños', *CYTA - Journal of Food*, 14(3), pp. 391–398. doi: 10.1080/19476337.2015.1114529.
- Bolek, S. (2020) 'Olive stone powder: A potential source of fiber and antioxidant and its effect on the rheological characteristics of biscuit dough and quality', *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64(June), p. 102423. doi: 10.1016/j.ifset.2020.102423.
- Callaway, J. C. (2004) 'Hempseed as a nutritional resource: An overview', *Euphytica*, 140(1–2), pp. 65–72. doi: 10.1007/s10681-004-4811-6.
- Callejo, M. J. (2011) 'Present situation on the descriptive sensory analysis of bread', *Journal of Sensory Studies*, 26(4), pp. 255–268. doi: 10.1111/j.1745-459X.2011.00341.x.
- Cappa, C., Kelly, J. D. and Ng, P. K. W. (2020) 'Baking performance of 25 edible dry bean powders: Correlation between cookie quality and rapid test indices', *Food Chemistry*, 302(April 2019). doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125338.
- Chmielewska, A. *et al.* (2020) 'Canola/rapeseed protein–nutritional value, functionality and food application: a review', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), pp. 1–21. doi: 10.1080/10408398.2020.1809342.

- Coşkun, Ö., Pehlivanoğlu, H. and Gülseren, İ. (2020) 'Pilot scale assessment for seed protein enrichment of gluten-free breads at varying water content levels and after protein modification treatments', *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), pp. 1–12. doi: 10.1111/jfpp.14512.
- Dabija, A., Codină, G. G. and Sidor, A. M. (2017) 'Studies regarding the effect of defatted rapeseed flour addition on wheat flour dough microstructure, rheological properties and bread quality', *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 17(61), pp. 991–998. doi: 10.5593/sgem2017/61/S25.130.
- Diprat, A. B. *et al.* (2020) 'Chlorella sorokiniana : A new alternative source of carotenoids and proteins for gluten-free bread', *LWT*, 134(July), p. 109974. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109974.
- EC, F. waste (2019) *Food waste measurement, Available online: https://ec.europa.eu/food/safety/food_waste/eu_actions/food-waste-measurement_en. Available at: https://ec.europa.eu/food/safety/food_waste/eu_actions/food-waste-measurement_en.*
- Emad A. Shalaby, S. M. M. S. (2013) 'Antioxidant compounds, assays of determination and mode of action', *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 7(1), pp. 528–539. doi: 10.5897/AJPP2013.
- Ermosh, L. G. *et al.* (2021) 'The use of oilseed cake for supplementation of bakery products', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677(2), p. 022090. doi: 10.1088/1755-1315/677/2/022090.
- Farinon, B. *et al.* (2020) 'The seed of industrial hemp (Cannabis sativa L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition', *Nutrients*, 12(7), pp. 1–60. doi: 10.3390/nu12071935.
- Ferrentino, G. *et al.* (2018) 'Biorecovery of antioxidants from apple pomace by supercritical fluid extraction', *Journal of Cleaner Production*, 186, pp. 253–261. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.165.
- Ganorkar, P. M. *et al.* (2016) 'Defatted flaxseed meal incorporated corn-rice flour blend based extruded product by response surface methodology', *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), pp. 1867–1877. doi: 10.1007/s13197-015-2134-3.
- Garcia-Garcia, G., Stone, J. and Rahimifard, S. (2019) 'Opportunities for waste valorisation in the food industry – A case study with four UK food manufacturers', *Journal of Cleaner Production*, 211, pp. 1339–1356. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.269.
- Gonzales-Barron, U. *et al.* (2020) 'Nutritional quality and staling of wheat bread partially replaced with Peruvian mesquite (Prosopis pallida) flour', *Food Research International*, 137(August), p. 109621. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109621.
- Grasso, S. *et al.* (2019) 'The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits', *Foods*, 8(8), pp. 1–11. doi: 10.3390/foods8080305.
- Grasso, S. (2020) 'Extruded snacks from industrial by-products: A review', *Trends in Food Science and Technology*, 99(January 2019), pp. 284–294. doi: 10.1016/j.tifs.2020.03.012.
- Grasso, S., Liu, S. and Methven, L. (2020) 'Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour', *Lwt*, 119(September 2019). doi: 10.1016/j.lwt.2019.108893.
- Günel, D. and Turan, S. (2018) 'Effects of olive wastewater and pomace extracts, lecithin,

- and ascorbyl palmitate on the oxidative stability of refined sunflower oil', *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9), pp. 1–12. doi: 10.1111/jfpp.13705.
- Hayward, L. and 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), pp. 2915–2922. doi: 10.1111/1750-3841.15372.
- Huang, L. *et al.* (2019) 'Impact of tempeh flour on the rheology of wheat flour dough and bread staling', *Lwt*, 111(April), pp. 694–702. doi: 10.1016/j.lwt.2019.04.004.
- ISO 13299 (2016) 'ISO 13299: 2016, Sensory Analysis. Methodology. General guidance for establishing a sensory profile.', *International Organization for Standardization*, p. Geneva, Switzerland.
- Jagelaviciute, J. and Cizeikiene, D. (2021) 'The influence of non-traditional sourdough made with quinoa, hemp and chia flour on the characteristics of gluten-free maize/rice bread', *Lwt*, 137(June 2020), p. 110457. doi: 10.1016/j.lwt.2020.110457.
- Jozinović, A. *et al.* (2017) 'Optimisation of extrusion variables for the production of corn snack products enriched with defatted hemp cake', *Czech Journal of Food Sciences*, 35(6), pp. 507–516. doi: 10.17221/83/2017-CJFS.
- Jukić, M. *et al.* (2019) 'Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour', *International Journal of Food Science and Technology*, 54(3), pp. 602–609. doi: 10.1111/ijfs.13838.
- Kirchherr, J., Reike, D. and Hekkert, M. (2017) 'Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions', *Resources, Conservation and Recycling*, 127(April), pp. 221–232. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- Korus, J. *et al.* (2017) 'Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread', *LWT - Food Science and Technology*, 84, pp. 143–150. doi: 10.1016/j.lwt.2017.05.046.
- Kotecka-Majchrzak, K. *et al.* (2020) 'Oilseed proteins – Properties and application as a food ingredient', *Trends in Food Science and Technology*, 106(October), pp. 160–170. doi: 10.1016/j.tifs.2020.10.004.
- Kowalska, M. *et al.* (2021) 'Changing the profile of sponge cakes by introducing to the recipe different type of flour', *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), pp. 1–15. doi: 10.1111/jfpp.15207.
- Lafka, T. I. *et al.* (2011) 'Phenolic and antioxidant potential of olive oil mill wastes', *Food Chemistry*, 125(1), pp. 92–98. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.08.041.
- Lazos E. & Lazou A. (2016) *Cereal Science & Technology*. Athens: Papazisis Publications.
- Lazou, A. and Krokida, M. (2011) 'Thermal characterisation of corn-lentil extruded snacks', *Food Chemistry*, 127(4), pp. 1625–1633. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.02.029.
- Lazou, A., Krokida, M. and Tzia, C. (2010) 'Sensory properties and acceptability of corn and lentil extruded puffs', *Journal of Sensory Studies*, 25(6), pp. 838–860. doi: 10.1111/j.1745-459X.2010.00308.x.
- Leonard, W. *et al.* (2020) 'Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), pp. 282–308. doi: 10.1111/1541-4337.12517.

- Liu, Wenjuan; Ji, Jianlin; Chen, Hua; Ye, C. (2015) 'CIE Lab color space.PLOS ONE. Figure'. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090646.g002>.
- Loza, A. *et al.* (2017) 'Development of functional cookies with wheat flour, banana flour (*Musa paradisiaca*), sesame seeds (*Sesamum indicum*) and storage stability', *Scientia Agropecuaria*, 8(4), pp. 315–325. doi: 10.17268/sci.agropecu.2017.04.03.
- Luengo, E. *et al.* (2014) 'Improving the extraction of carotenoids from tomato waste by application of ultrasound under pressure', *Separation and Purification Technology*, 136, pp. 130–136. doi: 10.1016/j.seppur.2014.09.008.
- Lukin, A. and Bitiutskikh, K. (2017) 'Investigation on the use of hemp flour in cookie production', *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(4), pp. 664–667.
- Mamone, G. *et al.* (2019a) 'Production, digestibility and allergenicity of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolates', *Food Research International*, 115(September 2018), pp. 562–571. doi: 10.1016/j.foodres.2018.09.017.
- Mamone, G. *et al.* (2019b) 'Production, digestibility and allergenicity of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolates', *Food Research International*, 115(June 2018), pp. 562–571. doi: 10.1016/j.foodres.2018.09.017.
- Masoodi, F. A., Sharma, B. and Chauhan, G. S. (2002) 'Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes', *Plant Foods for Human Nutrition*, 57(2), pp. 121–128. doi: 10.1023/A:1015264032164.
- Matos, M. E. and Rosell, C. M. (2012) 'Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads', *European Food Research and Technology*, 235(1), pp. 107–117. doi: 10.1007/s00217-012-1736-5.
- Menga, V. *et al.* (2017) 'Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility', *Food Chemistry*, 221, pp. 1954–1961. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.11.151.
- Metcalfe, P. (2019) 'Role of food waste valorisation potential. REFRESH Deliverable D6.13', (641933), p. 47.
- Mikulec, A. *et al.* (2019) 'Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread', *Lwt*, 102(December 2018), pp. 164–172. doi: 10.1016/j.lwt.2018.12.028.
- Mustafa, R. *et al.* (2018) 'Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake', *International Journal of Food Science and Technology*, 53(10), pp. 2247–2255. doi: 10.1111/ijfs.13813.
- Nunes, M. A. *et al.* (2016) 'Olive by-products for functional and food applications: Challenging opportunities to face environmental constraints', *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35, pp. 139–148. doi: 10.1016/j.ifset.2016.04.016.
- Oreopoulou, V. and Tzia, C. (2007) 'Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants', *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, pp. 209–232. doi: 10.1007/978-0-387-35766-9_11.
- Oreopoulou, V. and Tzia, C. (2008) 'Utilization of Plant By-Products for the Recovery of Proteins', pp. 209–232.
- Osorio, L. L. D. R., Flórez-López, E. and Grande-Tovar, C. D. (2021) 'The Potential of Selected

- Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries', *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(2). doi: 10.3390/molecules26020515.
- Pattnaik, M. *et al.* (2021) 'Innovative Technologies for Extraction and Microencapsulation of Bioactives from Plant-Based Food Waste and their Applications in Functional Food Development', *Foods*, 10(2), p. 279. doi: 10.3390/foods10020279.
- Paulo, F. and Santos, L. (2020) 'Deriving valorization of phenolic compounds from olive oil by-products for food applications through microencapsulation approaches: a comprehensive review', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), pp. 1–26. doi: 10.1080/10408398.2020.1748563.
- Pigni, N. B. *et al.* (2020) 'Chemical profile and bioaccessibility of polyphenols from wheat pasta supplemented with partially-deoiled chia flour', *Lwt*, 124(February), p. 109134. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109134.
- Pojić, M. *et al.* (2015) 'Bread Supplementation with Hemp Seed Cake: A By-Product of Hemp Oil Processing', *Journal of Food Quality*, 38(6), pp. 431–440. doi: 10.1111/jfq.12159.
- Pourmohammadi, O., Hosseini Ghaboos, S. H. and Jafarian, S. (2020) 'Physicochemical, rheological, and sensorial properties of bread supplemented with pumpkin powder and basil seed gum', *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(12), pp. 1–7. doi: 10.1111/jfpp.14739.
- Prakash, K. *et al.* (2018) 'Utilization of defatted sesame cake in enhancing the nutritional and functional characteristics of biscuits', *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9), pp. 1–10. doi: 10.1111/jfpp.13751.
- Rodríguez-Ramírez, J. *et al.* (2012) 'True Density and Apparent Density During the Drying Process for Vegetables and Fruits: A Review', *Journal of Food Science*, 77(12), pp. 145–154. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02990.x.
- Schmidt, S. J. and Fontana, A. J. (2020) 'E: Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products', *Water Activity in Foods*, 2, pp. 573–591. doi: 10.1002/9781118765982.app5.
- Šottníková, V. *et al.* (2019) 'Quality of biscuits as affected by addition of fibre', *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), pp. 206–211. doi: 10.5219/1034.
- Strati, I. F. and Oreopoulou, V. (2011) 'Effect of extraction parameters on the carotenoid recovery from tomato waste', *International Journal of Food Science and Technology*, 46(1), pp. 23–29. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02496.x.
- Sun, C. (2004) 'A Novel Method for Deriving True Density of Pharmaceutical Solids Including Hydrates and Water-Containing Powders', *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 93(3), pp. 646–653. doi: 10.1002/jps.10595.
- Švec, I. and Hrušková, M. (2015) 'The Mixolab parameters of composite wheat/hemp flour and their relation to quality features', *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), pp. 623–629. doi: 10.1016/j.lwt.2014.07.034.
- Teh, S. S. *et al.* (2015) 'Microwave and pulsed electric field assisted extractions of polyphenols from defatted canola seed cake', *International Journal of Food Science and Technology*, 50(5), pp. 1109–1115. doi: 10.1111/ijfs.12749.
- Tekin-Cakmak, Z. H. *et al.* (2021) 'Investigation of potential use of by-products from cold-press industry as natural fat replacers and functional ingredients in a low-fat salad dressing',

Journal of Food Processing and Preservation, (January), pp. 1–13. doi: 10.1111/jfpp.15388.

Teterycz, D. *et al.* (2021) 'Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation', *Plos One*, 16(3), p. e0248790. doi: 10.1371/journal.pone.0248790.

Usman, M. *et al.* (2020) 'Effect of apple pomace on nutrition, rheology of dough and cookies quality', *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), pp. 3244–3251. doi: 10.1007/s13197-020-04355-z.

Valcárcel-Yamani, B. and Lannes, S. C. da S. (2013) 'Quality parameters of some Brazilian panettones', *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49(3), pp. 511–519. doi: 10.1590/S1984-82502013000300012.

Wang, Q. and Xiong, Y. L. (2019) 'Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18. doi: 10.1111/1541-4337.12450.

WFP (2021) *World Food Programme Zero Hungry*, Available online <https://www.wfp.org/zero-hunger>.