



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης & Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων

Πτυχιακή Εργασία

Αξιοποίηση υπολειμμάτων απολίπανσης σπόρων κάνναβης για την ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων πλουσίου ζυμαριού

Thesis

Valorization of defatted hemp seed meal for the development of novel rich dough foods products



Αναστασιάδης Γιώργος 15005

Προβατά Ταρσία 15087

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Λάζου Ανδριάννα

ΑΙΓΑΛΕΩ 2021

Λάζου Ανδριάννα

Παπαδάκης Σπυρίδων

Γιαννακούρου Μαρία

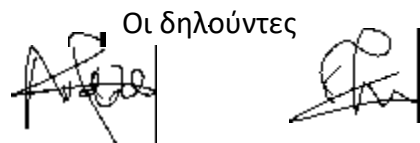
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογράφωντες Αναστασιάδης Γεώργιος του Σταύρου, με αριθμό μητρώου 15005 και Προβατά Ταρσία του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 15087 φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστήμης Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε 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, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δική μας, όσο και του Ιδρύματος.

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

Οι δηλούντες



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κα Ανδριάνας Λάζου κατά τη χρονική περίοδο 2020-2021.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την κα Λάζου για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε σε όλα τα στάδια της πτυχιακής εργασίας, για το αμείωτο ενδιαφέρον της και την συνεχόμενη υποστήριξη της σε κάθε εμπόδιο.

Ευχαριστούμε πολύ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την κα Γιαννακούρου Μαρία και τον κο Παπαδάκη Σπυρίδων.

Επίσης εκφράζουμε θερμές ευχαριστίες στην κα Στέλλα Πρωτονοταρίου μεταδιδακτορική ερευνήτρια και στην Αναπλ. Καθηγήτρια κα Ι. Μαντάλα (Εργαστήριο Μηχανικής και Επεξεργασίας Τροφίμων, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του ανθρώπου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών) για την παραχώρηση του μύλου άλεσης και την ταυτόχρονη βοήθεια στην λειτουργία του.

Ευχαριστούμε πολύ τις εταιρίες Μύλοι Μάρρα Α.Ε. και την ΚΟΙΝΣΕΠ ΚΑΝΝΑΒΙΟ για την ευγενή χορηγία των πρώτων υλών.

Ειδικές ευχαριστίες εκφράζονται προς τον κ. Στέλιο Γιέτο της εταιρίας BioTech Scientifics για την εγκατάσταση και την επεξήγηση του λογισμικού Image Analysis Pro.

Ακόμη θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την Ζωή Κολιού για την σημαντική συνεισφορά της στα πλαίσια εκπόνησης της μεταπτυχιακής της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία ολοένα και αυξανόμενη τάση ως προς την προσοχή και το ενδιαφέρον των καταναλωτών στη διατροφή τους, οι οποίοι στρέφονται σε πιο υγιεινές επιλογές με αποδεδειγμένα οφέλη για την υγεία. Παράλληλα παρατηρείται μία στροφή προς ένα νεοεισαγόμενο πρότυπο χορτοφαγικής διατροφής, το οποίο αποσκοπεί στον αποκλεισμό κατανάλωσης ζωικών προϊόντων. Η παραγωγή αρτοσκευασμάτων εμπλουτισμένων με θρεπτικά συστατικά και η τυποποίηση τους ώστε να καταναλώνονται από ομάδες με ειδικά διατροφικά ενδιαφέροντα θεωρείται αναγκαία.

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η παρασκευή εμπλουτισμένων αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού (τσουρέκι) με άλευρο κάνναβης σε ποσοστά αντικατάστασης 0%, 10%, 30% και 50% αλλά και η τροποποίηση της αρχικής τυποποίησης με αντικατάσταση των ζωικών συστατικών με φυτικά, με την ταυτόχρονη προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε ίδια ποσοστά αντικατάστασης. Κύριος σκοπός ήταν η μελέτη των δομικών (όγκος, ειδικός όγκος, φαινόμενη/πραγματική πυκνότητα, πορώδες), γεωμετρικών και μορφολογικών, μηχανικών (σκληρότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα, μασητικότητα), φυσικοχημικών (υγρασία, ενεργότητα ύδατος, απώλεια ψησίματος, ισόθερμες ροφήσεις, φαινολικό περιεχόμενο, αντιοξειδωτική δράση) ιδιοτήτων όσο και η μελέτη του χρώματος και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όπως αυτές επηρεάζονται από την προσθήκη του αλεύρου κάνναβης, αλλά και από την μετατροπή της τυποποίησης σε χορτοφαγική.

Από την μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων προκύπτει ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης επέφερε αύξηση της σκληρότητας και της μασητικότητας ενώ παρατηρήθηκε μείωση της ελαστικότητας και της συνεκτικότητας των προϊόντων. Όσον αφορά τις φυσικοχημικές ιδιότητες, η αύξηση της περιεκτικότητας σε άλευρο κάνναβης οδήγησε σε μείωση της περιεχόμενης υγρασίας και ενεργότητας ύδατος τόσο στην ψίχα όσο και στην κόρα του τσουρεκιού. Οι μεταβολές αυτές ήταν ίδιες τόσο για τη ζωική όσο και για τη χορτοφαγική τυποποίηση του τσουρεκιού. Διαφοροποίηση εμφανίστηκε μεταξύ του αρτοσκευάσματος με ζωικά παράγωγα και του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος πλουσίου ζυμαριού σχετικά με την απώλεια κατά τον κλιβανισμό, όπου παρατηρείται αύξηση της απώλειας νερού σε σύγκριση με την χορτοφαγική τυποποίηση, στην οποία δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπροσθέτως, η προσθήκη αλεύρου κάνναβης συνέβαλε στην αύξηση τόσο του συνολικού φαινολικού περιεχομένου όσο και της αντιοξειδωτικής δράσης σε όλες τις τυποποιήσεις. Η επίδραση του αλεύρου κάνναβης στο χρώμα του τελικού αρτοσκευάσματος ήταν εμφανής, τόσο στην κόρα όσο και στην ψίχα, προκαλώντας μείωση της φωτεινότητας

(παράμετρος L^*) των προϊόντων. Η οργανοληπτική αξιολόγηση των τσουρεκιών, κατέδειξε ότι οι διαφορές που εντοπίστηκαν μεταξύ των δειγμάτων συμβαδίζουν με τις αντικειμενικές μετρήσεις των οργάνων. Τα προϊόντα που συγκέντρωσαν την υψηλότερη βαθμολογία ως προς την συνολική αποδοχή ήταν τα αρτοσκευάσματα με 0% και 10% προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης είχε σημαντική επίδραση στις δομικές ιδιότητες του αρτοσκευάσματος. Συγκεκριμένα επέφερε μείωση του όγκου και του πορώδους των τσουρεκιών. Τέλος με την βοήθεια του λογισμικού Image Analysis μελετήθηκαν τα γεωμετρικά αλλά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού. Βάση των αποτελεσμάτων της παρούσας πτυχιακής εργασίας, αποδεικνύεται ότι ο εμπλουτισμός των αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού με άλευρο κάνναβης επέφερε σημαντικές επιδράσεις στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Επομένως είναι εφικτή η παραγωγή οργανοληπτικά αποδεκτών τσουρεκιών με προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε ποσοστά έως 30%. Η σύγκριση των χαρακτηριστικών ποιότητας μεταξύ του αρτοσκευάσματος με ζωικά παράγωγα και της χορτοφαγικής εκδοχής υπέδειξε πως η χορτοφαγική τυποποίηση μπορεί να υλοποιηθεί, να διατηρήσει τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά και να έχει παρόμοια αποδοχή από τους καταναλωτές.

ABSTRACT

Recently there has been a growing trend concerning the consumer's diet, who turn to healthier options with proven health benefits. At the same time, there is a shift towards a newly introduced vegetarian diet, which aims to exclude the consumption of animal products. The production of pastries enriched with nutrients and their standardization so that they are consumed by groups with special nutritional interests is considered necessary.

The object of the present thesis is the preparation of enriched rich dough product (tsoureki) with hemp flour at replacement rates of 0%, 10%, 30% and 50% but also the modification of the original formulation by replacing animal ingredients with vegetarian ingredients with simultaneous addition of hemp flour at the same replacement rates. The main purpose is the study of structural (volume, specific volume, apparent / actual density, porosity), geometric, morphological, mechanical (hardness, elasticity, consistency, chewing), physicochemical (moisture, water activity, loss of firing, isothermal content, antioxidant action) properties as well as the study of color and sensory characteristics as they are affected not only by the addition of hemp flour, but also by the conversion of the standardized recipe to vegetarian.

The study of the mechanical properties shows that the addition of hemp flour resulted in an increased hardness and chewiness while a decrease in the springiness and cohesiveness of the products was observed. In terms of physicochemical properties, the increase of hemp flour content led to a decrease in moisture content and water activity in both the crumb and the crust of the "tsoureki". These changes were the same for both the animal and the vegan recipe of the "tsoureki". Differentiation occurred between the animal-based pastry and the vegan pastry in terms of baking loss, where there is an increased water loss compared to the vegan formulation, in which there is no statistically significant difference.

Moreover, the addition of hemp flour contributed to the increase of both the total phenolic content and the antioxidant activity in all formulations. The effect of hemp flour on the color of the final product was obvious, both in crust and in crumb, causing a decrease in brightness (parameter L*). The sensory evaluation of the "tsoureki" showed that the differences found between the samples are align with the objective measurements of the instruments. The products that received the highest score in terms of overall acceptance were pastries with 0% and 10% added hemp flour. The addition of hemp flour had a significant effect on the structural properties of the pastries. Specifically, it reduced the volume and porosity of the "tsoureki". Finally, with the help of Image Analysis software, the geometric and morphological characteristics of rich dough pastries were studied. Based on the results of the

present thesis, it is proved that the enrichment of rich dough pastries with hemp flour had significant effects on the properties of the final product. Therefore, it is possible to produce sensory acceptable “tsourekhi” by adding hemp flour up to 30%. The comparison of the quality characteristics between the pastries with animal products and the vegan version indicated that the vegan standardization can be implemented, maintain the desired quality characteristics and have a similar acceptance by the consumers.

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
2	ΈΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ	16
2.1	Παγκόσμια αγορά.....	16
2.2	Ιστορική αναδρομή της κάνναβης.....	17
2.3	Ευρωπαϊκή αγορά.....	18
2.4	Τα πολλά πρόσωπα της κάνναβης.....	19
2.5	Βιομηχανία κάνναβης στην Ελλάδα.....	20
3	ΚΑΝΝΑΒΗ	21
3.1	Γενικά.....	21
3.2	Οφέλη Cannabis sativa L.....	21
4	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΝΝΑΒΗΣ	27
5	ΓΛΥΚΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ	29
5.1	Εισαγωγή.....	29
5.2	Γλυκά αρτοσκευάσματα πλουσίου ζυμαριού.....	29
5.3	Συστατικά του τσουρεκιού και λειτουργικές τους ιδιότητες.....	29
5.3.1	Αλεύρι.....	29
5.3.2	Ζάχαρη.....	32
5.3.3	Νερό.....	33
5.3.4	Αυγά.....	33
5.3.5	Λιπαρά.....	34
5.3.6	Ζύμη.....	35

5.3.7	Γάλα.....	36
5.3.8	Αλάτι.....	36
5.3.9	Μικρο-συστατικά.....	36
5.4	Ανάμιξη συστατικών και σχηματισμός ζυμαριού.....	37
5.4.1	Σκοπός/ Διαδικασία Ανάμιξης.....	37
5.4.2	Μέθοδοι ανάμιξης.....	37
5.4.1	Διαίρεση ζυμαριού.....	38
5.4.2	Ζύμωση – Ωρίμανση – Διόγκωση ζυμαριού.....	38
5.4.3	Σχηματοποίηση ζυμαριού.....	39
5.4.4	Κλιβανισμός.....	39
6	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	41
6.1	Σκοπός.....	41
6.2	Υλικά.....	42
6.3	Πειραματική διαδικασία.....	43
6.4	Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού (τσουρεκιού).....	45
6.4.1	Προσδιορισμός υγρασίας	45
6.4.2	Προσδιορισμός της ενεργότητας ύδατος	46
6.4.3	Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων κατά τον κλιβανισμό (baking loss).....	46
6.4.4	Προσδιορισμός του ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων.....	46
6.4.5	Προσδιορισμός του χρώματος των αρτοσκευασμάτων.....	46
6.4.6	Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων.....	48

6.4.7	Προσδιορισμός δομικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων.....	49
6.4.8	Προσδιορισμός ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης	50
6.4.9	Ισόθερμες ροφήσεως αρτοσκευασμάτων.....	51
6.4.10	Οργανοληπτική αξιολόγηση των αρτοσκευασμάτων.....	52
6.4.11	Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων.....	54
6.5	Στατιστική επεξεργασία.....	54
6.5.1	Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA).....	54
7	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	56
7.1	Αποτελέσματα παραδοσιακού τσουρεκιού.....	56
7.1.1	Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων.....	56
7.1.2	Αποτελέσματα χρώματος.....	57
7.1.3	Αποτελέσματα δομικών ιδιοτήτων.....	58
7.1.4	Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής.....	59
7.1.5	Αποτελέσματα ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης.....	60
7.1.6	Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας.....	61
7.1.7	Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης.....	66
7.1.8	Αποτελέσματα ισόθερμων ροφήσεως.....	68
7.2	Αποτελέσματα χορτοφαγικών τσουρεκιών.....	73
7.2.1	Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων.....	73
7.2.2	Αποτελέσματα χρώματος χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....	74
7.2.3	Αποτελέσματα δομικών ιδιοτήτων χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....	75
7.2.4	Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....	76

7.2.5	Αποτελέσματα φαινολικού περιεχομένου και αντιοξειδωτικής δράσης του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....	77
7.2.6	Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....	78
7.2.7	Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....	83
7.2.8	Αποτελέσματα ισόθερων ροφήσεως των χορτοφαγικών αρτοσκευασμάτων..	86
7.3	Σύγκριση παραδοσιακών και χορτοφαγικών τσουρεκιών.....	90
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	94
9	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	97

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για πολλά χρόνια τα προϊόντα αρτοποιίας διαθέτουν μία υψηλή θέση στην καθημερινή διατροφή του ανθρώπου. Η εύκολη προσβασιμότητα αλλά και το διατροφικό τους προφίλ τα καθιστούν από τις πρωταρχικές επιλογές στην σύγχρονη αγορά. Σύμφωνα με έρευνα η παγκόσμια αγορά παρασκευασμάτων αρτοποιίας αναμένεται να καταγράψει ρυθμό ανάπτυξης 2,6 %, κατά την περίοδο εκτίμησης 2021 έως 2026, με την Ευρώπη να κατέχει το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων (Mordor Intelligence, no date b). Τα προϊόντα αρτοποιίας ποικίλλουν και περιλαμβάνουν διάφορα είδη όπως άρτος, κέικ, μπισκότα, τα οποία εμπεριέχουν αλεύρι σίτου ως το βασικό συστατικό τους προσδίδοντάς τους σταθερό όγκο και δομή (Martins, Pinho and Ferreira, 2017).

Σήμερα, υπάρχει μια αυξανόμενη ζήτηση από τους καταναλωτές για την επίτευξη μιας ισορροπημένης διατροφής παρέχοντας αυξημένη διατροφική αξία. Μία ενδεχόμενη λύση θα μπορούσε να είναι η παρασκευή προϊόντων αρτοποιίας εμπλουτισμένων με υψηλή περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες, αμινοξέα και βιοδραστικές ουσίες προερχόμενα από αλεύρι ολικής αλέσεως ή ολόκληρους κόκκους δημητριακών (Miranda-Ramos, Sanz-Ponce and Haros, 2019). Η σημασία των ουσιών αυτών έχει συνδεθεί με την προαγωγή της υγείας και την μείωση του κινδύνου διάφορων ασθενειών. Γενικά ως λειτουργικό τρόφιμο χαρακτηρίζεται ένα τρόφιμο που περιέχει γνωστές ή άγνωστες βιολογικά δραστικές ενώσεις, οι οποίες σε καθορισμένες και αποτελεσματικές, μη τοξικές ποσότητες παρέχουν κλινικά αποδεδειγμένο και τεκμηριωμένο όφελος για την υγεία, την πρόληψη, τη διαχείριση ή τη θεραπεία χρόνιας νόσου (Frassinetti *et al.*, 2018).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία τάση προς ένα νέο πρότυπο διατροφής, το οποίο αποσκοπεί στην οριστική αποστροφή της εκμετάλλευσης των ζώων για οποιοδήποτε σκοπό (φαγητό, ρουχισμό). Το πρότυπο αυτό ονομάζεται βιγκανισμός και άρχισε από τις αρχές του 1950 (Wrenn, 2019). Η εφαρμογή της συγκεκριμένης διατροφής αποσκοπεί στον αποκλεισμό της καταναλώσεως ζωικών συστατικών. Η διατροφή αυτή στηρίζεται σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης και περιλαμβάνει φρούτα, λαχανικά, σόγια, όσπρια, ξηρούς καρπούς, βούτυρο προερχόμενο από καρπούς, εναλλακτικές λύσεις γαλακτοκομικών προϊόντων και δημητριακά ολικής αλέσεως (Boeing, Strohm and Watzl, no date). Επομένως, προϊόντα που περιέχουν ζωικά παράγωγα, συμπεριλαμβανομένων των αρτοσκευασμάτων δεν περιλαμβάνονται στο διατροφολόγιο.

Συνεπώς η αντικατάσταση των ζωικών παραγώγων με σκοπό την παραγωγή χορτοφαγικών αρτοσκευασμάτων κρίνεται αναγκαία. Συνήθη ζωικά παράγωγα που απαντώνται σε

αρτοσκευάσματα είναι το γάλα, τα αυγά και το βούτυρο. Η αντικατάσταση τους μπορεί να επιτευχθεί με ενσωμάτωση προϊόντων φυτικής προέλευσης, όπως για παράδειγμα το γάλα αγελάδος με ρόφημα σόγιας, αμυγδάλου, καρύδας, το βούτυρο γάλακτος με φυτικό βούτυρο ή φυτική μαργαρίνη και τα αυγά με πουρέ μήλου, μπανάνας ή με ζωμό οσπρίων. Όμως, η χρήση των παραπάνω συστατικών δεν επιφέρει πάντα το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τα υποκατάστατα των αυγών, κυρίως στο κέικ, επιδρούν στην ζύμη κάνοντας την πιο κολλώδης ενώ το τελικό προϊόν μαλακό και εύθραυστο. Επίσης παρατηρείται βύθιση του προϊόντος στο κέντρο, μηδενική διόγκωση και μειωμένη υγρασία. Παρόλα αυτά η προσθήκη πουρέ φρούτων ή φυτικού ροφήματος ενισχύει την γλυκύτητα του τελικού προϊόντος (Mattie, no date). Ωστόσο έρευνα σχετικά με την επίδραση των παραπάνω συστατικών σε άλλα αρτοσκευάσματα και προϊόντα πλουσίου ζυμαριού δεν έχει πραγματοποιηθεί.

Συνεπώς οι τρέχουσες προκλήσεις της βιομηχανίας τροφίμων είναι να καλύψουν την προσδοκία των καταναλωτών που ζητούν περισσότερα θρεπτικά τρόφιμα, χωρίς πρόσθετα ή τρόφιμα για ειδικές διατροφές, όπως στην περίπτωση των ανθρώπων που ακολουθούν χορτοφαγική (vegan) διατροφή. Μια εξαιρετική πηγή και φορέας των θρεπτικών συστατικών είναι η κάνναβη. "Cannabis sativa" σημαίνει χρήσιμη κάνναβη και είναι ίσως το πιο αμφιλεγόμενο φυτό παρά τις χιλιάδες χρήσεις και προϊόντα που είναι σε θέση να προσφέρει (Attard *et al.*, 2018).

Με βάση τα νέα δεδομένα έχουν εντοπιστεί διάφορες κατηγορίες προϊόντων που προέρχονται από την κάνναβη, όπως τα συμπληρώματα διατροφής (με τα συμπληρώματα πρωτεΐνης να είναι τα κορυφαία προϊόντα), είδη προσωπικής φροντίδας (π.χ. σαμπουάν, λουσιόν, σαπούνι, αποσμητικά, καλλυντικά), κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, προϊόντα για βιομηχανικές εφαρμογές όπως η βιομηχανία χαρτιού και κατασκευών, τα βερνίκια και τα μελάνια. Στους παραπάνω τομείς συμπεριλαμβάνονται ακόμη τα τρόφιμα (κρύα δημητριακά, γάλα κάνναβης, σπόροι κάνναβης και εναλλακτικά κρέατα), ζωοτροφές και άλλα καταναλωτικά προϊόντα (Fiorini *et al.*, 2019, Europa, 2019).

Ένα παραπροϊόν προερχόμενο από την αξιοποίηση προϊόντων της βιομηχανίας κάνναβης, ύστερα από ψυχρή συμπίεση των σπόρων κάνναβης και εξαγωγή του ελαίου είναι η ελαιόπιτα κάνναβης, η οποία εν συνεχεία διαχειρίζεται κατάλληλα δίνοντας αλεύρι κάνναβης. Το αλεύρι κάνναβης θεωρείται μία πλούσια πηγή πρωτεϊνών (περιέχει περίπου 20-25%) και η βιολογική του αξία είναι παρόμοια με το ασπράδι του αυγού. Γενικά, οι ζωικές πρωτεΐνες είναι πιο εύπεπτες από τις φυτικές πρωτεΐνες, αλλά η έρευνα δείχνει ότι υψηλό ποσοστό της πρωτεΐνης στους σπόρους κάνναβης είναι αφομοιώσιμο (Apostol, Popa and Mustatea, 2015). Περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα που χρειάζεται το σώμα,

συμπεριλαμβανομένων και των εννιά απαραίτητων αμινοξέων στις επιθυμητές μάλιστα αναλογίες. Είναι άξιο να σημειωθεί ότι το υψηλό επίπεδο σε αργινίνη συμβάλει στην μείωση της αρτηριακής πίεσης (Mikulec *et al.*, 2019). Μοναδική ιδιότητα της πρωτεΐνης κάνναβης είναι ότι περιέχει σε υψηλό ποσοστό 60-80%, μία σφαιρίνη την εδεστίνη, η οποία είναι απαραίτητη για την σύνθεση του πλάσματος και την ποιότητα του αίματος. Το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται από την αλβουμίνη, πρωτεΐνη που υπάρχει και στο ασπράδι του αυγού (Wang and Xiong, 2019). Το αλεύρι κάνναβης έχει μικρή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και υψηλή περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες. Τα λιπαρά αποτελούνται κυρίως από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), ως επί το πλείστον ω-6 και ω-3 λιπαρά σε αναλογία 3:1. Είναι επίσης ένα από τα ελάχιστα τρόφιμα που περιέχει γ-Λινολενικό οξύ [18:3], ένα λιπαρό οξύ που θεωρείται ιδιαίτερα ευεργετικό για το σώμα (Vodolazska and Lauridsen, 2020). Επιπλέον το αλεύρι κάνναβης είναι πλούσιο σε πολυφαινόλες καθώς και σε πολλά ανόργανα συστατικά - ανόργανες ουσίες, ζωτικής σημασίας για την αρμονική λειτουργία του σώματος όπως χαλκός, ψευδάργυρος, φώσφορος, ασβέστιο, κάλιο, μαγνήσιο, μαγγάνιο, σίδηρο και βιταμίνη E (90mg/100gr) (Frassinetti *et al.*, 2018, Mikulec *et al.*, 2019). Σύμφωνα με έρευνες, παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε άρτο μειώνει την συνολική ποσότητα της γλουτένης, η οποία έχει σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό του πρωτεϊνικού πλέγματος και επομένως στον τελικό όγκο του προϊόντος. Παρόλα αυτά η σταθερότητα και η αντοχή του ζυμαριού σε μηχανική και θερμική καταπόνηση δεν επηρεάστηκε σημαντικά σε προσθήκη σε ποσοστό 5 και 10% σε αλεύρι κάνναβης, σε αντίθεση με την προσθήκη σε ποσοστό 20% αλεύρου κάνναβης. Όσο αφορά την απώλεια κατά τον κλιβανισμό (baking loss) δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή κατά την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Σχετικά με το χρώμα της ψίχας διαπιστώθηκε ότι αυξανόμενο ποσοστό αλεύρου κάνναβης μειώνει τη φωτεινότητα. Επιπρόσθετα αυξάνεται η διατροφική αξία του προϊόντος, λόγω αύξησης των πρωτεϊνών, των φυτικών ινών και των αντιοξειδωτικών ουσιών (Rojić *et al.*, 2015, Mikulec *et al.*, 2019). Παρά την αξιοποίηση του αλεύρου κάνναβης σε αρτοσκευάσματα όπως άρτο και μπισκότα, δεν έχει παρατηρηθεί χρήση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης για την παραγωγή νέων αρτοσκευασμάτων αυξημένης διατροφικής αξίας, όπως τα προϊόντα πλουσίου ζυμαριού, μία μεγάλη ποικιλία προϊόντων που καταναλώνονται σε όλο τον κόσμο. Ένα προϊόν της κατηγορίας αυτής που παράγεται στην Ελλάδα είναι το τσουρέκι με έντονη και ξεχωριστή γεύση.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρασκευή καινοτόμου προϊόντος αρτοποιίας πλουσίου ζυμαριού (τσουρέκι) με μερική υποκατάσταση αλεύρου σίτου με άλευρο κάνναβης σε αναλογίες 0%, 10%, 30% και 50%, με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά

και αναβαθμισμένη διατροφική αξία. Επιπροσθέτως θα μελετηθεί η υποκατάσταση των ζωικών συστατικών του πλουσίου ζυμαριού με φυτικά, με την ταυτόχρονη προσθήκη αλεύρου κάνναβης όσο και τα αποτελέσματα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Για το σκοπό αυτό θα μελετηθούν οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την ποιότητα, συμπεριλαμβανομένων των δομικών, των μηχανικών, των φυσικοχημικών (ενεργότητα ύδατος, υγρασία, ισόθερμες ροφήσεως, ολικά φαινολικά, αντιοξειδωτική δράση), του χρώματος, και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

ΈΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ

Παγκόσμια αγορά



ΕΙΚΟΝΑ 2. / ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΑΡΤΟΠΟΙΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2020-2025.

ΠΗΓΗ:

[HTTPS://WWW.MORDORINTELLIGENCE.COM/INDUSTRY-REPORTS/GLOBAL-BAKERY-INGREDIENTS-](https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-bakery-ingredients)

Η παγκόσμια αγορά συστατικών αρτοποιίας αναμένεται να καταγράψει ρυθμό ανάπτυξης 6,12%, κατά την περίοδο πρόβλεψης, 2020-2025 (Εικ. 2.1). Η εξέλιξη αυτή οφείλεται λόγω της μεγάλης κατανάλωσης σε κέικ, πίτες, άρτους, μπισκότα και δημητριακά στις ανεπτυγμένες αγορές της Βόρειας Αμερικής και της Δυτικής Ευρώπης. Η τάση ανάπτυξης υγιών εναλλακτικών προϊόντων είναι δυνατή λόγω της προσθήκης ινών, κάτι που αυξάνει το θρεπτικό τους επίπεδο. Η ενσωμάτωση λειτουργικών συστατικών, όπως ω-3 λιπαρά οξέα, προβιοτικά,

πολυβιταμίνες και φυτοστερόλες σε προϊόντα αρτοποιίας, προσδίνει επιπρόσθετη θρεπτική αξία (Mordor Intelligence, no date a).

Το “Cannabis sativa” είναι ένα ετήσιο ποώδες φυτό που ανήκει στην οικογένεια των Cannabinaceae και είναι πλούσιο σε αρκετές από τις παραπάνω ενώσεις (Frassinetti *et al.*, 2018). Τόσο οι καταναλωτές όσο και οι κατασκευαστές μιλούσαν για τη χρήση κάνναβης στα τρόφιμα και τα ποτά τα τελευταία χρόνια. Με την νομιμοποίηση της κάνναβης το λεγόμενο “Farm Bill” το 2018, τα προϊόντα που κατασκευάζονται από το φυτό αυτό, τα οποία είναι γνωστά για τις ψυχοδραστικές και χαλαρωτικές τους ιδιότητες, συναντώνται όλο και περισσότερο στα καθημερινά παντοπωλεία (Hudak, 2018).

Σε παγκόσμιο επίπεδο πλέον, τουλάχιστον 47 χώρες καλλιεργούν κάνναβη για εμπορικούς ή ερευνητικούς σκοπούς. Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί κάνναβης είναι σήμερα η Κίνα, η ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Χιλή, η Αυστραλία και η Γαλλία (Εικ. 2.2)(GVR, 2020). Η αγορά βιομηχανικής κάνναβης αναμένεται να φθάσει τα 21,16 εκατομμύρια δολάρια έως το 2027, με ρυθμό ανάπτυξης 21,02% κατά την περίοδο προβλέψεων 2020 έως 2027. Η αυξανόμενη νομιμοποίηση της καλλιέργειας κάνναβης θα λειτουργήσει ως παράγοντας για την αύξηση στην βιομηχανική αγορά κάνναβης. Ακόμη, η αυξανόμενη ζήτηση προϊόντων με βάση την κάνναβη, η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση σχετικά με τα οφέλη της κάνναβης, η αύξηση των εφαρμογών κάνναβης σε διάφορα προϊόντα διατροφής, η αύξηση των περιστατικών χρόνιων διαταραχών είναι μερικοί ακόμη παράγοντες ενίσχυσης της αγοράς (DATA BRIDGE, 2020).



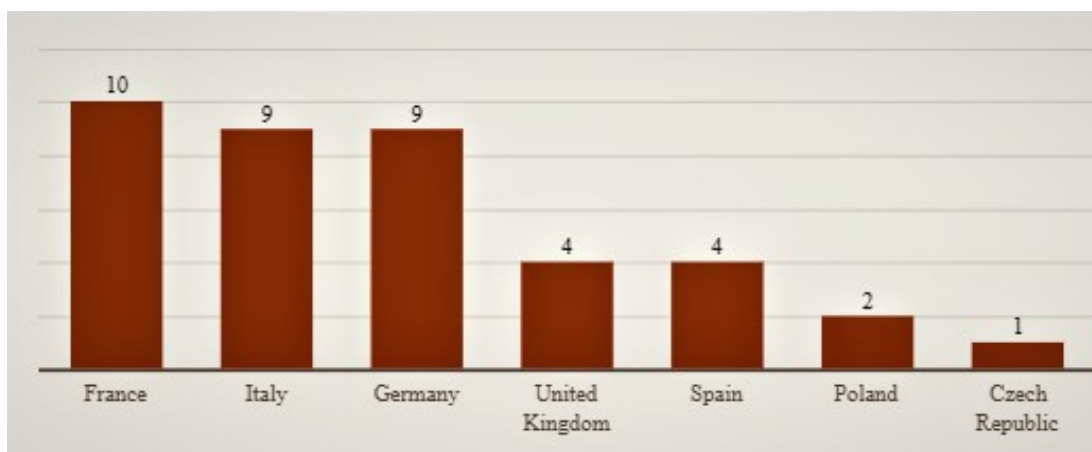
ΕΙΚΟΝΑ 2.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ ΚΑΝΝΑΒΗΣ. ΠΗΓΗ:
[HTTPS://WWW.MCCOURIER.COM/INDUSTRIAL-HEMP-MARKET-2021-IS-BOOMING-ACROSS-THE-GLOBE-BY-SHARE-SIZE-GROWTH-SEGMENTS-AND-FORECAST-TO-2027/](https://www.mccourier.com/industrial-hemp-market-2021-is-booming-across-the-globe-by-share-size-growth-segments-and-forecast-to-2027/)

Ιστορική αναδρομή της κάνναβης

Η κάνναβη καλλιεργείται από αρχαιοτάτων χρόνων στην Ασία, όπου από τον 28ο π.Χ. αιώνα χρησιμοποιούνταν στην Κίνα για την κατασκευή υφασμάτων, ενώ κατά το 1.400 π.Χ. τη χρησιμοποιούσαν στην Περσία ως φάρμακο (Made By Hemp, 2019). Από την αρχαιότητα μέχρι και το τέλος του 18ου αιώνα η κάνναβη καλλιεργείτο σε μεγάλη σχετική έκταση στην Ευρώπη, γιατί αποτελούσε τη μοναδική ύλη για την κατασκευή σχοινιών. Το 1860 γίνεται η πρώτη μελέτη για την χρήση της κάνναβης στην ιατρική, ενώ το 1870 η κάνναβη αναφέρεται επίσημα στην φαρμακοβιομηχανία των ΗΠΑ ως φάρμακο για διάφορες ασθένειες. Στην Ευρώπη η πώληση και η κατανάλωση της κάνναβης ξεκίνησε από την Ολλανδία κατά τη δεκαετία του 1970. Ωστόσο, η καλλιέργεια, η προμήθεια και η κατοχή κάνναβης ήταν αξιόποινες πράξεις στις Κάτω Χώρες. Πολλές χώρες της ΕΕ άρχισαν τις απαγορεύσεις τους για την παραγωγή κάνναβης τη δεκαετία του 1990. Η ευρωπαϊκή κοινή γνώμη σχετικά με τη χρήση της κάνναβης σε φαρμακευτικό επίπεδο έχει αλλάξει τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Το 2014 το κοινοτικό συνέλευσε τον νόμο “Farm Bill” που επιτρέπει στα κρατικά γεωργικά τμήματα και ερευνητικά ιδρύματα να επιβλέπουν ερευνητικά προγράμματα για την καλλιέργεια κάνναβης. Το 2016, με περισσότερες πολιτείες να εφαρμόζουν πιλοτικά προγράμματα, η αμερικανική λιανική αγορά κάνναβης αυξάνεται σε 688 εκατομμύρια δολάρια και ένα αγρόκτημα κάνναβης του Κολοράντο κερδίζει την πρώτη βιολογική πιστοποίηση από το USDA. Τον Δεκέμβριο του 2018 υπογράφηκε νέος νόμος, ο οποίος εξαιρεί την κάνναβη, που ορίζεται ως βιομηχανική κάνναβη (*Cannabis sativa* L.) και τα παράγωγα κάνναβης με εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις της ψυχοδραστικής ένωσης δέλτα-9-τετραϋδροκανναβινόλη (THC) (όχι περισσότερο από 0,3% THC σε βάση ξηρού βάρους), από τον ορισμό της μαριχουάνας στο νόμο περί ελεγχόμενων ουσιών (CSA) (Moser, 2019, by MJG, 2015, Gunnells, 2020, Abernethy, 2019).

Ευρωπαϊκή αγορά

Πλέον η παραγωγή της κάνναβης έχει νομιμοποιηθεί στα περισσότερα κράτη μέλη. Η δημοτικότητα της στην Ευρώπη οφείλεται κυρίως στην ανάπτυξη της βιομηχανίας, με αποτέλεσμα την οικονομική ενίσχυση του εκάστοτε κράτους. Η παραγωγή επικεντρώνεται στη Γαλλία, την Ιταλία, την Γερμανία, τις Κάτω Χώρες, τη Λιθουανία και τη Ρουμανία (Εικ. 2.3). Η Γαλλία είναι ο κύριος παραγωγός κάνναβης, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 50% της συνολικής παραγωγής της Ευρώπης. Η περιοχή της Βαλτικής γίνεται ο δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός κάνναβης της περιοχής (Poniatowska *et al.*, 2019).

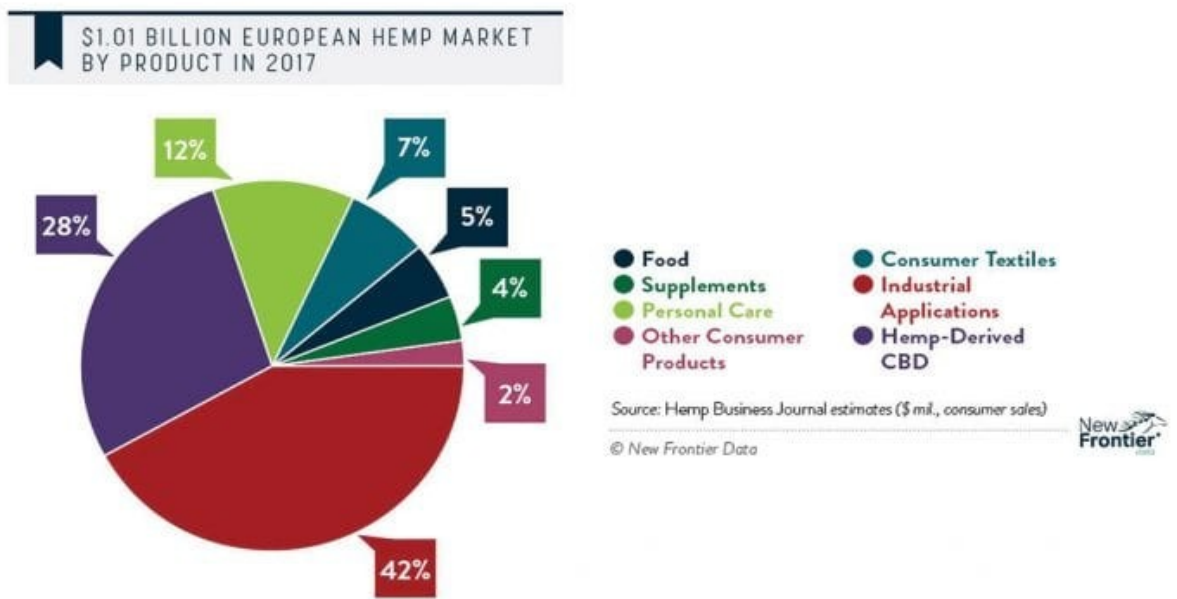


ΕΙΚΟΝΑ 2.3 ΑΓΟΡΑ ΚΑΝΝΑΒΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ. ΠΗΓΗ [HTTPS://CANNABUSINESSPLANS.EU/LEGAL-CANNABIS-EUROPE/](https://cannabusinessplans.eu/legal-cannabis-europe/)

Το 2018, η ευρωπαϊκή καλλιέργεια αυξήθηκε περισσότερο από 40% από το 2015, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 30% της συνολικής έκτασης της FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Cannabusinessplans, no date). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής της ΕΕ βασίζεται σε σπόρους, ίνες και φαρμακευτικά προϊόντα. Η ΕΕ έχει επιχορηγήσει την ευρωπαϊκή αγορά κάνναβης τα τελευταία 20 χρόνια στο πλαίσιο πρωτοβουλιών οικολογικής πολιτικής.

Τα πολλά πρόσωπα της κάνναβης

Με βάση τα νέα δεδομένα έχουν εντοπιστεί επτά τομείς προϊόντων (Εικ. 2.4, 2.5) που προέρχονται από την κάνναβη, όπως τα συμπληρώματα (με τα συμπληρώματα πρωτεΐνης να είναι τα κορυφαία προϊόντα), είδη προσωπικής φροντίδας (π.χ. σαμπουάν, λοσιόν, σαπούνι, αποσμητικά), κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, προϊόντα για βιομηχανικές εφαρμογές και προϊόντα προερχόμενα από CBD. Η ανθεκτικότητα και οι ιδιότητες υψηλής αντοχής των πλούσιων σε κυτταρίνη ινών από το μίσχο το καθιστούν πολύτιμο προϊόν για σχοινί, χαρτί, κατασκευές και υλικά ενίσχυσης (Rupasinghe *et al.*, 2020, Apostol, Popa and Mustatea, 2015, Wang and Xiong, 2019, Frassinetti *et al.*, 2018). Στους παραπάνω τομείς συμπεριλαμβάνονται ακόμη τα τρόφιμα (κρύα δημητριακά, γάλα κάνναβης, σπόροι κάνναβης και εναλλακτικά κρέατα) και άλλα καταναλωτικά προϊόντα. Επί του παρόντος, οι σπόροι κάνναβης χρησιμοποιούνται κυρίως ως ζωοτροφές αλλά τα προϊόντα τους (λάδι, αλεύρι, πρωτεΐνη σε σκόνη) επιτυγχάνουν μια αυξανόμενη δημοτικότητα στην ανθρώπινη διατροφή. Τα τρόφιμα που μπορούν να παρασκευαστούν από σπόρους κάνναβης περιλαμβάνουν άρτο, πίτσα, λάδι, μύρα, γάλα, σοκολάτα, παγωτό και σνακ (Wang and Xiong, 2019, Sorrentino, 2021, Frassinetti *et al.*, 2018).



ΕΙΚΟΝΑ 2.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΝΝΑΒΗ.
ΠΗΓΗ: <https://www.healtheuropa.eu/industrial-hemp-revolution/92912/>



ΕΙΚΟΝΑ 2.5 ΤΑ ΠΙΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΟΜΕΑ
ΠΗΓΗ: <https://www.healtheuropa.eu/industrial-hemp-revolution/92912/>

Βιομηχανία κάνναβης στην Ελλάδα

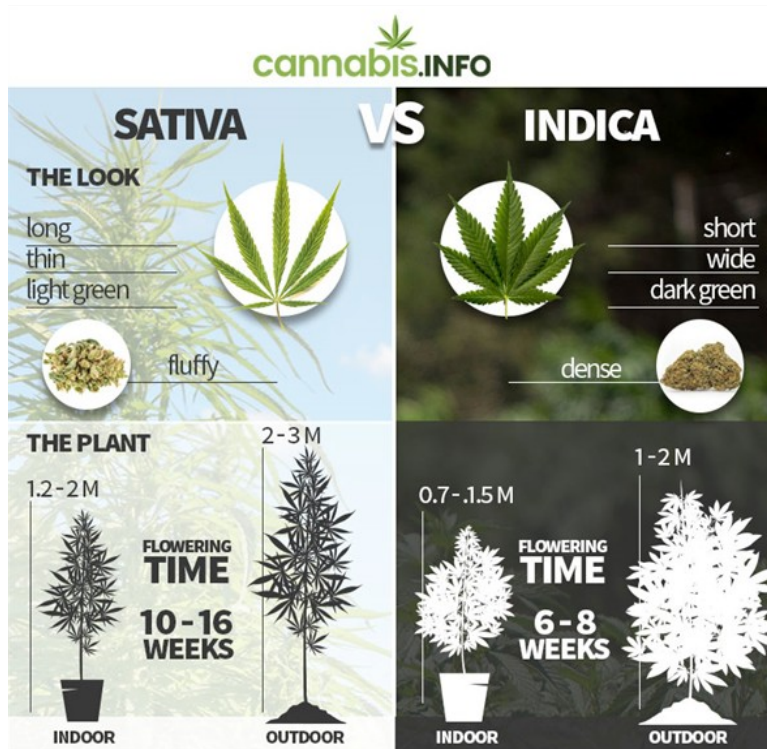
Η χρήση ιατρικής κάνναβης έγινε νόμιμη στην Ελλάδα τον Ιούνιο του 2017. Λίγο αργότερα, τον Μάρτιο του 2018, οι νομοθέτες ενέκριναν ένα νόμο που επιτρέπει την εκτροφή και επεξεργασία της ιατρικής κάνναβης στην Ελλάδα. Η απόφαση για την επανεισαγωγή της κάνναβης προέκυψε από την επιθυμία να αναζωογονηθεί η βιομηχανία καλλιέργειας και να δημιουργηθεί εμπόριο φυσικών προϊόντων κάνναβης. Ωστόσο, η κυβέρνηση είναι πρόθυμη να αναπτύξει ένα μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο σύστημα κάνναβης για να υποστηρίξει τη δυσχερή γεωργική βιομηχανία και να συμβάλει στην τόνωση της οικονομίας. Η Ελλάδα

θα επωφεληθεί από την βιομηχανία κάνναβης που βασίζεται κατά κύριο λόγο στις εξαγωγές. Στις 2 Μαρτίου 2018, η ελληνική κυβέρνηση εισήγαγε το νόμο 4523/2018 και ανακοίνωσε σχέδια για καλλιέργεια κάνναβης για εγχώρια κατανάλωση και εξαγωγή (Greece Cannabis Market, no date).

KANNABH

Γενικά

Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες κάνναβης και ορισμένες από αυτές αναφέρονται συχνότερα από τις άλλες. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος που χρησιμοποιείται σήμερα για την ταξινόμηση των ποικιλιών κάνναβης είναι μέσω της μορφολογίας των φυτών (φαινότυπος) με δύο κυριότερους τύπους να αναγνωρίζονται: Sativa και Indica (Εικ. 3.1). Η κάνναβη Sativa είναι ένα σχετικά μεγάλο φυτό, το οποίο μπορεί να μεγαλώσει μέχρι το ύψος των 1,5 έως 5,5 μέτρα. Το



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΤΗΣ ΚΑΝΝΑΒΗΣ.

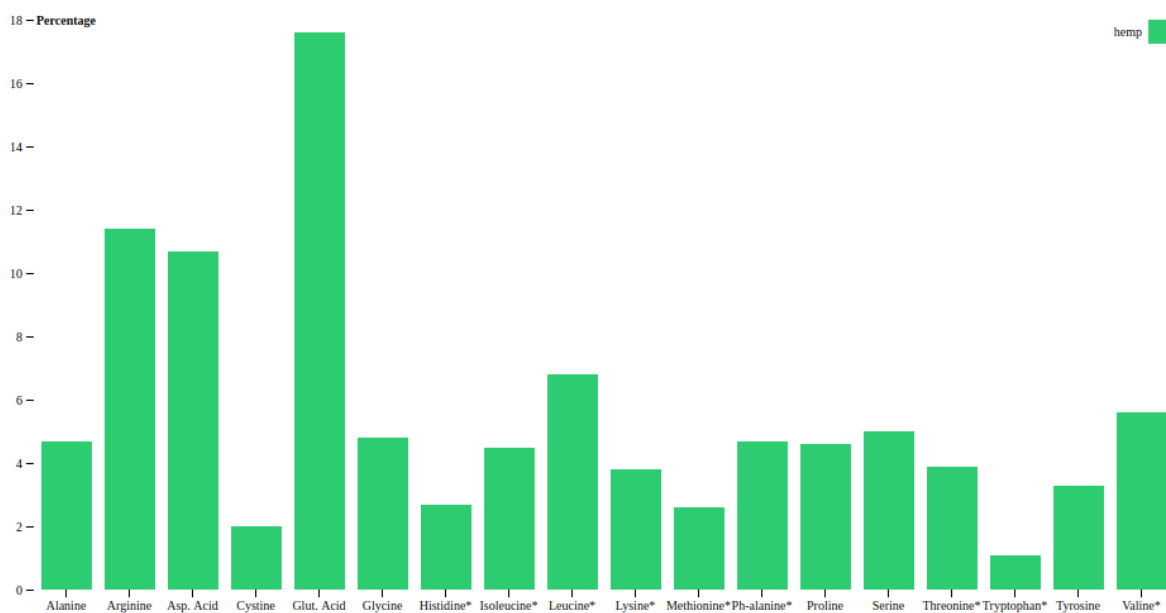
ΠΗΓΗ:

[HTTPS://WWW.CANNACOMMUNITY.COM/BLOG/18492-
INFOGRAPHIC-DIFFERENCE-BETWEEN-SATIVA-INDICA](https://www.cannacommunity.com/blog/18492-infographic-difference-between-sativa-indica)

φύλλωμα είναι σπάνιο και έχει λεπτές και μακριές λεπίδες, ενώ οι σπόροι από αυτό το φυτό είναι ομαλοί, χωρίς λεκέδες ή μαρμάρινο αποτέλεσμα. Περιέχει πολύ χαμηλό επίπεδο των ψυχοτρόπων ουσιών THC (μέχρι 0,3%). Η κάνναβη Indica έχει χαμηλότερο ύψος από την κάνναβη Sativa (1,2 - 2,5m), με υψηλότερη πυκνότητα φυλλώματος. Τα φύλλα είναι σκούρα πράσινα με ευρείες λεπίδες που είναι επίσης πιο στρογγυλεμένες. Οι σπόροι είναι ομαλοί με μαρμάρινο μοτίβο. Οι επιδράσεις της κάνναβης Indica είναι ναρκωτικές και χαλαρωτικές (Cannadorra, no date, Weedmaps, no date).

Οφέλη Cannabis sativa L.

Η βιολογική κάνναβη έχει την εξαιρετική ιδιότητα να περιέχει πλήρη πρωτεΐνη, περιέχει δηλαδή όλα τα απαραίτητα αμινοξέα που χρειάζεται το σώμα, συμπεριλαμβανομένων και των 9 απαραίτητων αμινοξέων στις επιθυμητές μάλιστα αναλογίες. Η περιεκτικότητα σε γλουταμινικό οξύ και αργινίνη στους σπόρους κάνναβης είναι επίσης αξιοσημείωτα υψηλή (Εικ. 3.2). Η ποσότητα και η αναλογία των πρωτεϊνών είναι παραπλήσια των κύριων πηγών πρωτεϊνών όπως κρέας, γάλα και αυγά. Η πρωτεΐνη κάνναβης αποτελείται κυρίως από σφαιρίνη (εδεστίνη) και αλβουμίνη.



ΕΙΚΟΝΑ 3.2 ΠΡΟΦΙΛ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ ΚΑΝΝΑΒΗΣ. ΠΗΓΗ: [HTTPS://VEGFAQS.COM/HEMP-PROTEIN-AMINO-ACID-PROFILE/](https://vegfaqs.com/hemp-protein-amino-acid-profile/)

Η σφαιρίνη αντιπροσωπεύει περίπου το 60% έως το 80% της ολικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες ενώ η αλβουμίνη αποτελεί το υπόλοιπο (~33%). Γενικά, οι ζωικές πρωτεΐνες είναι πιο εύπεπτες από τις φυτικές πρωτεΐνες, αλλά η έρευνα δείχνει ότι οι πρωτεΐνες της κάνναβης είναι σε μεγάλο ποσοστό αφομοιώσιμες. Η βιολογική κάνναβη έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και είναι πλούσια σε φυτικές ίνες. Το λίπος (25-35%) αποτελείται κυρίως από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), κυρίως ω-6 και ω-3 λιπαρά (α-Λινολενικό οξύ

(ALA) και Λινελαϊκό οξύ (LA)) σε αναλογία 3:1. Υπάρχουν διάφορα οφέλη που αποδίδονται στα ω-3 λιπαρά οξέα, όπως αντικαρκινικές, αντιφλεγμονώδεις και αντιθρομβωτικές ιδιότητες, διέγερση γενικού μεταβολισμού και προώθηση της καύσης λίπους. Είναι επίσης ένα από τα ελάχιστα τρόφιμα που περιέχει γ-Λινολενικό οξύ [18:3], ένα λιπαρό οξύ που θεωρείται ιδιαίτερα ευεργετικό για το σώμα (Vodolazska and Lauridsen, 2020, Frassinetti *et al.*, 2018, Leson, 2003, Apostol, Popa and Mustatea, 2015, Wang and Xiong, 2019, Stoin *et al.*, 2012).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον από τεχνολογικής απόψεως παρουσιάζουν οι πρωτεΐνες της κάνναβης λόγω της λειτουργικότητάς τους ως αφριστικοί παράγοντες, γαλακτωματοποιητές, για την ικανότητα δημιουργίας πηγματος και τη δυνατότητα σχηματισμού φιλμ. Σύμφωνα με τους Malomo & Aluko (2015) το κλάσμα της εδεστίνης της πρωτεΐνης κάνναβης είναι διατροφικά ανώτερο, με υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο (μεθειονίνη και κυστεΐνη). Το κλάσμα της εδεστίνης είναι επίσης υψηλότερο σε υδρόφοβα και αρωματικά αμινοξέα, τα οποία θα μπορούσαν να συμβάλουν σε αυξημένες αλληλεπιδράσεις πρωτεΐνης-πρωτεΐνης μεταξύ των πολυπεπτιδικών αλυσίδων. Η ίδια μελέτη ανέφερε επίσης ότι το κλάσμα της αλβουμίνης είναι διαλυτό στο νερό, ενώ το κλάσμα της εδεστίνης είναι διαλυτό στο αλάτι. Επιπλέον, η αλβουμίνη παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερη διαλυτότητα και ικανότητα αφρισμού από τη σφαιρίνη σε όλες τις τιμές pH, ενώ δεν υπάρχουν διαφορές στην ικανότητα σχηματισμού γαλακτώματος (Wang and Xiong, 2019, Leonard *et al.*, 2020).

Έπειτα από μελέτη των δευτερευόντων μεταβολιτών των σπόρων κάνναβης με στόχο την ταυτοποίηση βιοδραστικών ενώσεων που θα μπορούσαν να συμβάλουν προς όφελος της υγείας, βρέθηκε ότι περιέχουν ενώσεις που ονομάζονται λιγναναμίδια, οι οποίες έχουν ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες και βοηθούν στην προστασία του σώματος. Η έρευνα αυτή οδήγησε στην απομόνωση 4 νέων λιγναναμιδίων, κανναβισίνης M (2), κανναβισίνης N (5), κανναβισίνης O (8) και 3,3'-διμεθυλο-ηλιοτροπαμιδίου (10), τα οποία αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά σε σπόρους κάνναβης (Yan *et al.*, 2015).

Περιέχουν επίσης πολλά ανόργανα συστατικά - ανόργανες ουσίες, ζωτικής σημασίας για την αρμονική λειτουργία του σώματος όπως:

1. Χαλκός - κρίσιμος για την ανάπτυξη του εγκεφάλου και τη διακυτταρική επικοινωνία, τον μεταβολισμό του σιδήρου και την παροχή οξυγόνου
2. Ψευδάργυρος - διεγείρει το ανοσοποιητικό σύστημα, βοηθά στη μεταβολισμό των πρωτεϊνών, των λιπών και των υδατανθράκων και ενισχύει την επούλωση των πληγών.

3. Φώσφορος - προάγει την ανάπτυξη των οστών, την ανάπτυξη ιστού και την αναγέννηση και την ισορροπία των κυττάρων
4. Ασβέστιο - υπεύθυνο για την ανάπτυξη των οστών και την κανονική λειτουργία της καρδιάς, διατηρεί υγιή αρτηριακή πίεση και αποτρέπει το σχηματισμό θρόμβων
5. Κάλιο - προάγει την υγεία της καρδιάς και την ισορροπία του σώματος
6. Μαγνήσιο - ενεργοποιεί τις βιταμίνες B, διατηρεί τα οστά και προάγει την απορρόφηση καλίου και ασβεστίου
7. Μαγγάνιο - εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία του εγκεφάλου και συμμετέχει στο σχηματισμό των οστών, των ιστών και των αναπαραγωγικών ορμονών
8. Σίδηρος - κρίσιμος για τον σχηματισμό αμινοξέων, ορμονών, κυττάρων, νευροδιαβιβαστών και είναι ένα από τα κύρια συστατικά της αιμοσφαιρίνης και της μυοσφαιρίνης (Hempika, 2019, Frassinetti *et al.*, 2018).

Η παραγωγή κάνναβης είναι αρνητική σε άνθρακα, που σημαίνει ότι απορροφά περισσότερο άνθρακα από την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής της από ό,τι εκπέμπεται από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τη συγκομιδή, τη μεταποίηση και τη μεταφορά του. Ένα εκτάριο (10 στρέμματα) βιομηχανικής κάνναβης μπορεί να απορροφήσει 22 τόνους CO₂ ανά εκτάριο. Η κάνναβη μεγαλώνει γρήγορα, καταστέλλει τα ζιζάνια και δεν χρειάζεται φυτοφάρμακα. Δεν έχει εξειδικευμένα παράσιτα, ευνοεί τη γονιμοποίηση και βελτιώνει τη φυσική και χημική γονιμότητα του εδάφους. Η ταχεία ανάπτυξη της κάνναβης (φτάνει τα 4 μέτρα σε 100 ημέρες) το καθιστά ένα από τα γρηγορότερα διαθέσιμα εργαλεία μετατροπής CO₂ σε βιομάζα και είναι πιο αποτελεσματικό από την αγρο-δασοκομία (Sorrentino, 2021, Vosper, 2011, Rupasinghe *et al.*, 2020).

Υπάρχουν πάνω από 480 φυσικά συστατικά στο φυτό της κάνναβης. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα κανναβινοειδή. Τουλάχιστον 85 διαφορετικά κανναβινοειδή έχουν απομονωθεί από το φυτό της κάνναβης. Το πιο γνωστό στους περισσότερους ανθρώπους είναι το THC (Δ⁹-Τετραϋδροκανναβινόλη ή τετραϋδρο-6,6,9-τριμεθυλο-3-πεντυλο-6H-διβενζο[b,d]πυραν-1-όλη). Είναι η κύρια ψυχότροπη ουσία του φυτού κάνναβης. Σε αντίθεση με την THC, η CBD είναι ένα μη ψυχοτρόπο κανναβινοειδές. Η CBD έχει αντιψυχωτικές δράσεις που σημαίνει ότι η CBD λειτουργεί ακριβώς με τον αντίθετο τρόπο από την THC. Πολλές έρευνες λένε ότι η CBD δρα επίσης για την ελάττωση των τοξικών επιδράσεων της THC, όπως προβλήματα μνήμης και παράνοια. Η CBD αλληλοεπιδρά και ρυθμίζει το ανθρώπινο σύστημα ενδοκανναβινοειδών, τους ενδογενείς ενεργοποιητές του (συνδέτες), τα ένζυμα και τους μεταφορείς. Επιπλέον, τα κανναβινοειδή αλληλοεπιδρούν με άλλα σημαντικά συστήματα νευροδιαβιβαστών, μαζί με τα κανάλια TRP. Η CBD αποδεικνύεται ότι είναι

δραστική σε ποικίλους θεραπευτικούς τομείς. Κάποιες από τις κύριες φαρμακολογικές επιδράσεις περιλαμβάνουν:

1. Αντιφλεγμονώδης και αντιοξειδωτική
2. Αυξάνει την πρόσληψη φαρμάκων
3. Βιοχημικά μονοπάτια που σχετίζονται με το διαβήτη
4. Αντι-ψυχωτική
5. Μειώνει το άγχος και την κατάθλιψη
6. Ρυθμίζει την παχυσαρκία
7. Αντιεπιληπτική
8. Αντικαρκινικός παράγοντας (CBDGreece, no date)

Δεν είναι μόνο η THC και η CBD που δίνουν τα αποτελέσματα της κάνναβης καθώς υπάρχουν και άλλες ενώσεις κανναβινοειδών στο φυτό, όπως:

1. CBC. Η CBC είναι ένα μη ψυχοδραστικό κανναβινοειδές και έχει ευρύ φάσμα πιθανών οφελών για την υγεία και ιατρικές χρήσεις.

2. CBG. Αυτή η ένωση προέρχεται από την THC και την CBD και έχει ευρύτατα οφέλη για την υγεία. Ωστόσο, σχηματίζεται σε THC ή CBD όταν εκτίθεται στο ηλιακό φως.

3. THCV. Η THCV μπορεί να είναι αρκετά ψυχότροπη σε αρκετά υψηλές δόσεις, αλλά τις περισσότερες φορές βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της THCV είναι διαφορετικά από εκείνα της δέλτα-9-THC. Έχει την τάση να παράγει μια διέγερση, ευφορία, και έντονη αλλά βραχύβια υψηλή. Επιπλέον, είναι ένα κατασταλτικό της όρεξης σε αντίθεση με το THC.

4. CBN. Αυτή η ένωση παράγεται με την ηλικία της κάνναβης και συνήθως βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις κάτω του 1% στη φρέσκια μαριχουάνα. Είναι μόνο ελαφρώς ψυχοδραστική, αλλά έχει ισχυρές αντι-αγχωτικές και καταπραϊντικές ιδιότητες.

5. THCA. Η ένωση αυτή δεν έχει ψυχοδραστικά αποτελέσματα στον οργανισμό εκτός αν η θερμότητα την μετατρέψει σε THC. Παρόλα αυτά δεν έχουν γίνει γνωστά τα οφέλη της για την υγεία. Σε αντίθεση με τις άλλες ενώσεις που αναφέρονται εδώ, δεν είναι δυνατόν να

δημιουργηθεί ένα δείγμα THCA που είναι καθαρό και υπάρχει πάντα μια ορισμένη ποσότητα THC που αναμιγνύεται σε ένα δείγμα THCA.

6. Delta-8-THC. Αυτή η μορφή THC είναι λίγο διαφορετική από την delta-9-THC, η οποία είναι η πιο ισχυρή έκδοση αυτής. Παράγει ψυχοδραστικά αποτελέσματα που είναι πολύ παρόμοια με THC, αλλά είναι ασθενέστερη ανά χιλιοστόγραμμα της ένωσης. Ωστόσο, βρίσκεται μόνο σε μικρές ποσότητες μέσα στο φυτό (Linchpinseo, 2019).

Εκτός από τα διάφορα κανναβινοειδή που έχουν απομονωθεί από το φυτό της κάνναβης υπάρχουν κι άλλα μόρια όπως τερπένια, χλωροφύλλη, αζωτούχες ενώσεις, αμινοξέα, σάκχαρα, αλδεΐδες, αλκοόλες, κετόνες, φλαβονοειδή γλυκοζίτες, βιταμίνες και χρωστικές. Οι σπόροι κάνναβης περιέχουν υψηλά ποσοστά βιταμίνης E (90 mg/100g), ιδιαίτερα τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες (Frassinetti *et al.*, 2018, Leson, 2003, Sorrentino, 2021).

Η κάνναβη περιέχει ένα ευρύ φάσμα με περισσότερα από 100 τερπένια, τα οποία θεωρείται πως αλληλοεπιδρούν σε συνεργασία με τα κανναβινοειδή (τα συστατικά δηλαδή του φυτού της κάνναβης) και έτσι ενισχύουν τα οφέλη που έχει το φυτό στην υγεία μας. Τα τερπένια είναι υπεύθυνα για τη μυρωδιά και τη γεύση των διαφορετικών στελεχών κάνναβης. Μερικά από τα τερπένια αυτά είναι:

1. Β Καρνοφυλλένιο. Το Β Καρνοφυλλένιο είναι ένα τερπένιο που βρίσκεται στο φυτό της κάνναβης και είναι γνωστό για την ιδιότητά του να ενεργοποιεί τον υποδοχέα CB2 στο ενδοκανναβινοειδές σύστημα. Ο υποδοχέας CB2 εντοπίζεται κυρίως στο ανοσοποιητικό σύστημα και το Β Καρνοφυλλένιο έχει αποδειχθεί πως διαθέτει ισχυρή αντιφλεγμονώδη δράση. Πρόκειται για ένα τερπένιο που είναι μη ψυχοδραστικό και είναι το πρώτο διατροφικό κανναβινοειδές που έχει εγκριθεί από το FDA (Food and Drug Administration) και χρησιμοποιείται με ασφάλεια ως πρόσθετο τροφίμων.

2. Βιταμίνη Α. Η Βιταμίνη Α είναι επίσης ένα τερπένιο. Τα κωνοφόρα δέντρα και φυτά παράγουν μεγάλες ποσότητες από αυτές τις ενώσεις και τα περισσότερα φυτά παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες τερπενίων κατά τις θερμότερες εποχές.

3. Α Πινένιο. Το Α Πινένιο είναι ένα από τα πιο γνωστά τερπένια της κάνναβης, το οποίο βρίσκεται επίσης στο φασκόμηλο και στο δεντρολίβανο. Λειτουργεί ως φυσικό βρογχοδιασταλτικό (αντιμετωπίζει τα συμπτώματα του άσθματος) και αποχρεμπτικό. Επίσης αυξάνει την ψυχική ενέργεια, βοηθάει στην καλύτερη συγκέντρωση και μπορεί ακόμα να λειτουργήσει ως τοπικό αντισηπτικό.

4. Λιμονένιο. Το Λιμονένιο είναι ακόμη ένα τερπένιο που βρίσκεται στα στελέχη της κάνναβης και βρίσκεται ακόμα σε εσπεριδοειδή και στην μέντα. Διαθέτει αντιμυκητιασικές, αντικαταθλιπτικές και αντιβακτηριακές ιδιότητες.

5. Μυρσένιο. Το Μυρσένιο βρίσκεται στην μενθόλη, στο λεμονόχορτο και στις περισσότερες ποικιλίες της κάνναβης και χρησιμοποιείται ευρέως στην αρωματοποιία. Όπως ακριβώς και οι ενώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, το μυρσένιο διαθέτει αντιμικροβιακές και αντισηπτικές ιδιότητες και δρα ως ένας φυσικός αντικαταθλιπτικός και αντιφλεγμονώδης παράγοντας (Andre, Hausman and Guerriero, 2016, CBDOIL, 2018, Bearman, 2018).

NΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΝΝΑΒΗΣ

Τα προϊόντα κάνναβης χρησιμοποιούνται για ιατρικούς και βιομηχανικούς σκοπούς. Ωστόσο απαιτείται σαφήνεια κατά τη συζήτηση και χρήση των σχετικών όρων. Τα προϊόντα κάνναβης που χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς - είτε με την ψυχοδραστική THC είτε με την μη ψυχοδραστική κανναβιδιόλη (CBD) - αναφέρονται γενικά ως «ιατρική κάνναβη». Τα προϊόντα κάνναβης που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων αναφέρονται συνήθως ως προϊόντα με χρήση «βιομηχανικής κάνναβης».

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, είναι νόμιμο να καλλιεργηθεί και να προμηθευτεί κάποιος γεωργός φυτά κάνναβης εάν έχουν χαμηλά επίπεδα THC. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, επιτρέπεται η καλλιέργεια ποικιλιών *Cannabis sativa* L. υπό την προϋπόθεση ότι έχουν καταχωριστεί στον «Κοινό κατάλογο ποικιλιών γεωργικών ειδών φυτών» και η περιεκτικότητα σε τετραϋδροκανναβινόλη (THC) δεν υπερβαίνει το 0,2% (w/w) (Κανονισμός ΕΕ 1307/2013). Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο, υπόθεση C-207/08 (Babalon), η καλλιέργεια κάνναβης που πληροί τους αυστηρούς όρους που θεσπίζει η νομοθεσία της ΕΕ δεν μπορεί να απαγορευθεί σε κανένα κράτος μέλος. Νέες χώρες που προσχώρησαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στις οποίες ήταν παράνομη η καλλιέργεια οποιουδήποτε φυτού κάνναβης βάσει του νόμου περί ναρκωτικών, χρειάστηκαν μερικές φορές να αλλάξουν το νόμο τους προκειμένου να επιτρέψουν αυτήν την εξαίρεση. Στην Ελλάδα το 2017 επήλθε η νομιμοποίηση της ιατρικής κάνναβης προσφέροντας ένα ακόμα εφόδιο στην ιατρική κοινότητα για την αποτελεσματική αντιμετώπιση προβλημάτων υγείας. Ένα χρόνο αργότερα, το 2018 εισάχθηκε μία εξαίρεση κατά την οποία, εγκρίνεται ενιαία η παραγωγή, κατοχή, μεταφορά, αποθήκευση, προμήθεια των πρώτων υλών και των ουσιών των ποικιλιών κάνναβης του είδους *Cannabis Sativa* L., περιεκτικότητας σε τετραϋδροκανναβινόλη (THC) άνω του 0,2 % καθώς και η εγκατάσταση και η λειτουργία μεταποιητικής μονάδας και επεξεργασίας τελικών προϊόντων φαρμακευτικής κάνναβης, με αποκλειστικό σκοπό, είτε την προμήθεια του κρατικού μονοπωλίου και την διάθεσή τους για ιατρικούς σκοπούς, είτε την εξαγωγή τους (Νόμος 4523/2018 ,ΦΕΚ 41/Α/7-3-2018).

Η ΕΕ ορίζει τα “novel foods” ως τρόφιμα που δεν καταναλώθηκαν σε μεγάλο βαθμό από πολίτες της ΕΕ πριν από το 1997, όταν τέθηκε σε ισχύ ο πρώτος κανονισμός για τα νέα τρόφιμα. Τα novel foods είναι καινοτόμα τρόφιμα, τρόφιμα που παράγονται χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες και διαδικασίες παραγωγής και τρόφιμα που παραδοσιακά καταναλώνονται εκτός ΕΕ. Ο κανονισμός απαιτεί τέτοια τρόφιμα να είναι ασφαλή και να επισημαίνονται σωστά, ώστε να μην παραπλανούν τους καταναλωτές. Το

αποτέλεσμα για τους παραγωγούς τροφίμων είναι μια πιο επαχθή αγορά καθώς τα νέα τρόφιμα υπόκεινται σε αυστηρές και δαπανηρές απαιτήσεις έγκρισης. Στις 20 Ιανουαρίου του 2019 στο τομέα της Cannabis Sativa L. ξεκαθαρίστηκε ο όρος καινοφανής τρόφιμο καθώς οι σπόροι κάνναβης και τα παράγωγά τους δεν αξιολογούνται ως καινοτόμα τρόφιμα ενώ τα φύλλα αφήνονται σε μια γκριζα ζώνη. Επιπλέον, ένα νέο στοιχείο τα κανναβινοειδή εισήχθησαν στον κατάλογο των καινοτόμων τροφίμων. Τα εκχυλίσματα της Cannabis sativa L. και τα παράγωγα προϊόντα που περιέχουν κανναβινοειδή θεωρούνται καινοφανή τρόφιμα (Europe, 2013, Giatroudakis, 2020, EUROPE, 2019, novel foods, 2019).

ΓΛΥΚΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ

Εισαγωγή

Τα προϊόντα αρτοποιίας αποτελούν σημαντικό μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής και χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλομορφία. Περιλαμβάνουν αγαθά όπως άρτος και κουλούρια, γλυκά προϊόντα όπως τηγανίτες, ντόνατς, βιάφλες, κέικ και μπισκότα και γεμιστά προϊόντα όπως πίτες φρούτων και κρέατος, ρολά λουκάνικων, αρτοσκευάσματα, σάντουιτς, κέικ κρέμας, πίτσα και πίτα) (Smith *et al.*, 2004). Τα γλυκά αρτοσκευάσματα έχουν γλυκιά γεύση, καθώς παρασκευάζονται μετά από τυποποίηση με υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη. Μεταξύ των συστατικών τους συγκαταλέγονται το αλεύρο, λίπος, αυγά, αποβουτυρωμένο ξηρό γάλα, ζύμη, άλας, παράγοντες διόγκωσης, πρόσθετα, νερό και διάφορα άλλα συστατικά εμπλουτισμού. Σήμερα, τα προϊόντα αρτοποιίας κυμαίνονται στην πολυπλοκότητα, από το να αποτελούνται από απλά συστατικά μιας απλής ζαχαροπλαστικής μέχρι συστατικά που συνθέτουν ένα τσουρέκι ή κέικ. Βασικό υλικό των προϊόντων αυτών είναι το αλεύρο (κυρίως λευκό αλεύρι) και η τυποποίηση τους περιλαμβάνει τον κλιβανισμό (Lazos E. & Lazou A., 2016a).

Γλυκά αρτοσκευάσματα πλουσίου ζυμαριού

Δεν υπάρχει σαφής διαχωριστική γραμμή μεταξύ πλουσίου και φτωχού μίγματος ζυμαριού. Γενικώς, πλούσια ζυμάρια θεωρούνται αυτά τα οποία περιέχουν υψηλότερα ποσοστά λίπους, ζαχάρεως και αυγών. Το τσουρέκι αποτελεί ένα ελληνικό παραδοσιακό προϊόν πλουσίου ζυμαριού, το οποίο συγκαταλέγεται στα γλυκά αρτοσκευάσματα και χαρακτηρίζεται από πλούσιο άρωμα, τρυφερή, ινώδη υφή και γλυκιά γεύση. Στο τσουρέκι προστίθενται επίσης αρωματικές ύλες, ώστε να προσδώσουν την χαρακτηριστική οσμή και γεύση. Η ποιότητα του τελικού προϊόντος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η σωστή αναλογία των υλικών που προστίθενται, καθώς και η τήρηση των συνθηκών (θερμοκρασία, χρόνος) ανάμιξης, ωρίμανσης (στόφιασμα) και κλιβανισμού. Στην συνέχεια αναφέρονται τα βασικά συστατικά του τσουρεκιού και οι λειτουργικές τους ιδιότητες (Lazos E. & Lazou A., 2016a).

Συστατικά του τσουρεκιού και λειτουργικές τους ιδιότητες

Αλεύρι

Το αλεύρι αποτελεί το βασικό και κοινό συστατικό όλων των αρτοσκευασμάτων, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην δομή και υφή του τελικού προϊόντος. Μεταξύ των αλεύρων που προέρχονται από δημητριακά μόνο το αλεύρο σίτου μπορεί να σχηματίσει μία τρισδιάστατη ιξωδοελαστική ζύμη όταν αναμειγνύεται με νερό, λόγω της ικανότητας των πρωτεϊνών να

αναπτύσσουν το δίκτυο της γλουτένης (Song and Zheng, 2007, Zhou, Therdthai and Hui, 2014). Λόγω του μεγάλου αριθμού ποικιλιών σίτου που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο, η γκάμα αλεύρων που διατίθεται σήμερα είναι ευρύτερη από ποτέ. Στην βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιούνται 3 ποικιλίες σίτου: η *Triticum aestivum* (κοινός σίτος), η *Triticum durum* (σκληρός σίτος) και η *Triticum compactum*. Η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου εξαρτάται από την ποικιλία του σίτου, τις γεωργικές και κλιματικές συνθήκες και την διαδικασία αλέσεως του σίτου. Η δύναμη του αλεύρου σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα και την ποιότητα της περιεχόμενης πρωτεΐνης. Για την παρασκευή αρτοσκευασμάτων που διογκώνονται με την χρήση της ζύμης (μαγιά), όπως ο άρτος και τα τσουρέκια συνήθως χρησιμοποιείται άλευρο που προέρχεται από σκληρό σίτο (*hard wheat*), το οποίο περιέχει υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο (~ 13%). Αξίζει να επισημανθεί ότι τα άλευρα από μαλακά σιτάρια υψηλής ποιότητας είτε ενισχυμένα με πρωτεΐνες, είτε υψηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη (άλευρο Super Αμερικής) χρησιμοποιούνται επίσης για την παρασκευή αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού που διογκώνονται με την χρήση μαγιάς (Zhou, Therdthai and Hui, 2014, Laz-os E. & Lazou A., 2016b).

Συστατικά αλεύρου

Τα πιο σημαντικά συστατικά του αλεύρου περιλαμβάνουν τους υδατάνθρακες, τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια.

➤ Υδατάνθρακες: Το άμυλο είναι ο πιο άφθονος υδατάνθρακας σε κόκκους σιταριού (75-80% του ξηρού βάρους) και η περιεκτικότητα σε άμυλο φαίνεται να σχετίζεται αντιστρόφως με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Το άμυλο αποτελείται από πολυμερή αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης σε αναλογία 1:3. Η αμυλόζη βρίσκεται στο εσωτερικό των κόκκων, ενώ η αμυλοπηκτίνη στα εξωτερικά τοιχώματα. Οι ποικιλίες μαλακού σίτου, γενικά, έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε άμυλο από τις σκληρές. Το άμυλο σίτου βοηθά στον προσδιορισμό της τελικής όψης, της δομής και της ποιότητας των αρτοσκευασμάτων. Οι κύριες χρήσεις του στην βιομηχανία τροφίμων σχετίζονται με την ζελατινοποίηση και την επανατακτοποίηση. Η ζελατινοποίηση είναι μία διαδικασία κατά την οποία όταν ένα αιώρημα αμύλου θερμανθεί πάνω από μία συγκεκριμένη θερμοκρασία (θερμοκρασία ζελατινοποίησης), υφίσταται μία σειρά αλλαγών, οι οποίες οδηγούν στην αμετάκλητη καταστροφή της μοριακής τάξης του κόκκου αμύλου. Οι κόκκοι απορροφούν νερό και βαθμιαία διαρρηγνύονται, οπότε τα μόρια της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης διασκορπίζονται στο νερό. Το φαινόμενο αυτό αρχίζει γύρω στους 50°C και τελειώνει γύρω στους 85°C. Η θερμοκρασία ζελατινοποίησης σχετίζεται άμεσα με το pH, το ρυθμό

θέρμανσης και την παρουσία σακχάρων και λιπιδίων (Hutkins, 2006, Goesaert *et al.*, 2005, Zhou, Therdthai and Hui, 2014).

➤ **Πρωτεΐνες:** Με βάση τη διαλυτότητα, οι πρωτεΐνες ταξινομούνται κατά Osborne σε τέσσερις κύριους τύπους: λευκωματίνες ή αλβουμίνες (διαλυτές στο νερό), γλοβουλίνες ή σφαιρίνες (διαλυτές σε αραιωμένο άλας, αλλά αδιάλυτες στο νερό), γλοιαδίνες (διαλυτές σε υδατικές αλκοόλες) και γλουτελίνες (αδιάλυτες σε υδατικές αλκοόλες). Οι λευκωματίνες και οι σφαιρίνες αποτελούν περίπου το 20% της ενδοσπερμικής πρωτεΐνης και παίζουν ρόλο στον κυτταρικό μεταβολισμό, την ανάπτυξη και την απόκριση στο περιβάλλον. Το μεγαλύτερο μέρος της πρωτεΐνης του ενδοσπερμίου (80%) είναι γλοιαδίνες και γλουτελίνες. Η ανάμιξη των παραπάνω πρωτεϊνών με νερό επιφέρει τον σχηματισμό ελαστικού δικτύου, γνωστό ως γλουτένη. Πράγματι, οι ασυνήθιστες ιδιότητες των πρωτεϊνών γλουτένης επιτρέπουν στο αλεύρι σίτου να μετατραπεί σε ζυμάρι με κατάλληλες ιδιότητες για την αρτοποιία. Επιπλέον, καθορίζουν τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού και ως εκ τούτου συμβάλλουν στις ιδιότητες συγκράτησης αερίου της ζύμης (Kumar *et al.*, 2021). Οι ιδιότητες συγκράτησης αερίου με τη σειρά τους καθορίζουν τον όγκο του αρτοσκευάσματος και τη δομή της ψίχας. Οι δύο πιο σημαντικοί παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στην ποιότητα των αρτοσκευασμάτων είναι:

1. ο λόγος γλοιαδίνης / γλουτενίνης των πρωτεϊνών γλουτένης. Λόγω του μεγάλου μεγέθους τους, τα πολυμερή γλουτενίνης σχηματίζουν ένα συνεχές δίκτυο που παρέχει αντοχή (αντοχή στην παραμόρφωση) και ελαστικότητα στη ζύμη. Από την άλλη πλευρά, οι μονομερείς γλοιαδίνες δρουν ως πλαστικοποιητές του πολυμερούς συστήματος γλουτενίνης.

2. η ποιότητα του (εκχυλίσμου και μη εκχυλίσμου) κλάσματος της γλουτένης.

Συνεπώς τα άλευρα που έχουν δυνατές πρωτεΐνες και μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σχηματίζουν ζυμάρια με συνεκτική δομή και αυξημένη ικανότητα συγκράτησης αερίων, που απαιτεί ειδικό χειρισμό κατά την ανάμιξη και ζύμωση τους (Veraverbeke and Delcour, 2002, Goesaert *et al.*, 2005, Kumar *et al.*, 2021)

➤ **Λιπίδια:** Τα λιπίδια στο άλευρο σίτου ενώ καταλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό του συνολικού βάρους του (~1-2%) επηρεάζουν την αρτοποιητική ποιότητα. Τα λιπίδια αλληλοεπιδρούν είτε με πρωτεΐνες είτε είναι δεσμευμένα με το άμυλο. Τα λιπίδια στο άλευρο ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, στα λιπίδια του αμύλου και σε μη-αμυλούχα λιπίδια. Τα μη-αμυλούχα λιπίδια καταλαμβάνουν τα 2/3 των συνολικών λιπιδίων και αντίστοιχα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα ελεύθερα και τα δεσμευμένα. Τα ελεύθερα λιπίδια

διαχωρίζονται σε τρεις ομάδες σύμφωνα με τη συμπεριφορά πρόσδεσής τους κατά την ανάμιξη του ζυμαριού: μη πολικά δεσμευμένα λιπίδια (στερυλεστέρες, τριγλυκερίδια, διγλυκερίδια), πολύ πολικά δεσμευμένα λιπίδια (κυρίως φωσφολιπίδια και γλυκολιπίδια που περιέχουν σακχαρόζη ή ραφινόζη) και λιπίδια ενδιάμεσης πολικότητας (μονογλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα). Τα μη πολικά λιπίδια επιφέρουν βλαβερές επιδράσεις σε αντίθεση με τα πολικά λιπίδια που επιφέρουν θετικά αποτελέσματα κατά τον κλιβανισμό (Chung, Pomeranz and Finney, 1978, Lazos E. & Lazou A., 2016b).

Ζάχαρη

Τα γλυκαντικά είναι ένα από τα κύρια συστατικά των προϊόντων αρτοποιίας επειδή πολύ λίγα προϊόντα αρτοποιίας παρασκευάζονται χωρίς κάποιο πρόσθετο γλυκαντικό. Η επίδραση των γλυκαντικών σε ένα τρόφιμο σχετίζεται άμεσα με τη χημική τους σύνθεση, τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και τη φυσική τους μορφή. Χημικά, τα θρεπτικά γλυκαντικά μπορεί να είναι μόνο- ή δισακχαρίτες ή σύνθετοι υδατάνθρακες όπως ολιγοσακχαρίτες ή δεξτρίνες. Φυσικά, τα γλυκαντικά μπορούν να είναι στερεά ή υγρά. Εκτός από την παροχή γλυκιάς γεύσης, τα σάκχαρα χρησιμοποιούνται επίσης ως τροφή για την ζύμη, αναπτύσσουν το χρώμα της κόρας, ενισχύουν την εμφάνιση, τη γεύση, την απαλότητα και την υφή των τελικών προϊόντων και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής στον άρτο. Ο άρτος όπως και το τσουρέκι είναι ένα διογκωμένο προϊόν που παρασκευάζεται από τη ζύμωση των σακχάρων του αλεύρου σίτου ή των προστιθέμενων σακχάρων. Λόγω της ζύμωσης, τα σάκχαρα μετατρέπονται σε υγρασία, CO₂ και αιθανόλη. Καθώς οι υδρατμοί και το CO₂ διογκώνονται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, δρουν ως μονωτικοί παράγοντες αποτρέποντας τον υψηλό ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας του άρτου και την πιθανότητα υπερβολικής εξάτμισης υγρασίας. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι ο τύπος των σακχάρων και ο λόγος του μείγματος σακχάρου / πρωτεΐνης είναι δύο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα των πρωτεϊνών. Διαπιστώθηκε ότι η αύξηση της περιεκτικότητας σε σάκχαρα (και συγκεκριμένα σακχαρόζης) έως ένα ορισμένο επίπεδο αυξάνει τη συντηρητική δράση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τρόφιμα που διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, οι υπερβολικές προσθήκες σακχαρόζης αναμένεται να οδηγήσουν σε μειωμένη σταθερότητα πρωτεϊνών. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάμιξης, η σακχαρόζη συνδέει το νερό και ανταγωνίζεται τις πρωτεΐνες του αλεύρου σίτου για νερό, αποτρέποντας την πλήρη ενυδάτωση της γλουτένης και καθυστερώντας την ανάπτυξή της. Με την αύξηση του επιπέδου της ζάχαρης σε ένα ζυμάρι αλεύρου σίτου, είναι διαθέσιμο λιγότερο νερό για την ενυδάτωση της γλουτένης, απαιτώντας έτσι μεγαλύτερους χρόνους ανάμιξης για την ανάπτυξη του δικτύου γλουτένης. Με τη σωστή αναλογία ζάχαρης

στη συνταγή και τον κατάλληλο χρόνο ανάμιξης, η γλουτένη φτάνει και διατηρεί τη βέλτιστη ελαστικότητά της, επιτρέποντας στα αέρια που παράγονται κατά τη διάρκεια του στοφιάσματος να διατηρούνται μέσα στο ζυμάρι. Ως αποτέλεσμα, το τελικό ψημένο προϊόν έχει καλό όγκο και υφή της ψίχας. Κατά τον κλιβανισμό, η ζάχαρη μαλακώνει το πλέγμα απορροφώντας υγρά και καθυστερώντας τη ζελατινοποίηση του αμύλου. Η καθυστέρηση της ζελατινοποίησης του αμύλου, σε υψηλότερες θερμοκρασίες επιτρέπει επομένως την ανάπτυξη φυσαλίδων αέρα και ως εκ τούτου την ανάπτυξη μίας πιο πορώδους δομής του τελικού προϊόντος (Mariotti and Lucisano, 2014, Lai and Lin, 2006, Mondal and Datta, 2008, Soltanizadeh *et al.*, 2014).

Νερό

Το νερό είναι ένα βασικό συστατικό του κλιβανισμού με μεγαλύτερη επίδραση από ότι γενικώς αναγνωρίζεται. Μερικά συστατικά μπορεί επίσης να περιέχουν νερό, αν και οι ποσότητες του μπορεί να μην είναι καλά καθορισμένες. Σε ένα προϊόν αρτοποιίας, όλα τα συστατικά αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους σε μοριακά και ατομικά επίπεδα για να δώσουν την τελική υφή, τη γεύση, το άρωμα και την αίσθηση στο στόμα. Όπως γνωρίζουμε, το νερό είναι πολική ουσία και αλληλοεπιδρά έντονα με άλλα πολικά συστατικά. Οι δράσεις του στοχεύουν την ενυδάτωση των πρωτεϊνών και του αμύλου, τη διάλυση των σακχάρων, των αλάτων και των μέσων διόγκωσης ενώ συμβάλλει και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Τα ανόργανα συστατικά του νερού δίνουν μία πιο σφικτή και πιο ανθεκτική γλουτένη. Το ζυμάρι δεν καταρρέει κατά την διάρκεια της ζυμώσεως, βελτιώνεται η συγκράτηση του παραγόμενου αερίου, ενώ το κυψέλωμα είναι λεπτότερο και πιο ελαστικό. Σε προϊόντα ζυμώσεως, τα υψηλότερα ποσοστά νερού οδηγούν σε περισσότερες φυσαλίδες διοξειδίου του άνθρακα και μία πιο χονδρή ψίχα (Chieh, 2006, Lazos E. & Lazou A., 2016b).

Αυγά

Τα αυγά αποτελούνται από 67%-70% από το λεύκωμα και 30-33% από τον κρόκο. Έχουν διαφορετικές χημικές συνθέσεις με το ασπράδι του αυγού να είναι ένα υδατικό διάλυμα πρωτεϊνών (αλβουμίνη, γλοβουλίνη), ενώ ο κρόκος είναι ένα γαλάκτωμα λιπιδίων, πρωτεϊνών, νερού και μετάλλων. Μια μεμβράνη διαχωρίζει το ασπράδι από τον κρόκο. Το λεύκωμα συμβάλλει στον αερισμό του ζυμαριού, στη δομή ή στο σχήμα του προϊόντος αλλά δρα και ως παράγοντας σκλήρυνσης. Ο κρόκος περιέχει κυρίως λιπίδια τα οποία αποτελούνται κατά 70% από τριγλυκερίδια ενώ τα υπόλοιπα μπορεί να είναι φωσφολιπίδια, χοληστερόλη και μπορεί να εξυπηρετούν διαφορετικό σκοπό στον κλιβανισμό (τρυφερή υφή). Τα αυγά διαθέτουν υψηλή ικανότητα αφρισμού με τη χρήση της πρωτεΐνης του

λευκώματος του αυγού ως παράγοντα αφρισμού. Στη βιομηχανία τροφίμων για τη βελτίωση και τη διατήρηση της ποιότητας τόσο της υφής όσο και του όγκου των προϊόντων (κέικ, μπισκότα, τσουρέκι, τάρτες) γίνεται χρήση των αυγών. Οι αφροί και οι φυσαλίδες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε αυτά τα τρόφιμα ως προς τη δομή και την υφή τους. Κατά τη διάρκεια αυτής της επεξεργασίας τροφίμων, η πρωτεΐνη του αυγού μπορεί να ενθυλακώσει και να συγκρατήσει τον αέρα και έτσι να αυξήσει τον όγκο του αφρού. Τα αυγά επηρεάζουν την υφή του τελικού προϊόντος μέσα από δράσεις όπως γαλακτωματοποίηση (λεκιθίνη), διόγκωση, τρυφεροποίηση και την ικανότητα δέσμευσης. Επιπλέον τα αυγά προσδίδουν χρώμα, γεύση και θρεπτική αξία στο τελικό προϊόν (Duan *et al.*, 2018, Hutkins, 2006, Lazos E. & Lazou A., 2016b).

Λιπαρά

Τα προϊόντα αρτοποιίας παρουσιάζουν μια μεγάλη ποικιλία στην περιεκτικότητα λιπαρών. Ορισμένα έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά (πχ. άρτος), ενώ άλλα όπως τα προϊόντα πλουσίου ζυμαριού (πχ. τσουρέκι, ντόνατς) περιέχουν μεγάλες ποσότητες λιπαρών. Τα λιπαρά και τα έλαια τροφίμων προέρχονται από μια σειρά διαφορετικών πηγών και είναι είτε ζωικά είτε φυτικά. Αυτά τα λίπη και τα έλαια έχουν διαφορετικές ιδιότητες και είναι κατάλληλα για διαφορετικούς σκοπούς. Οι λειτουργίες των λιπών και των ελαιών στα προϊόντα αρτοποιίας βασίζονται στον αερισμό του ζυμαριού, δηλαδή την ενσωμάτωση του αέρα κατά την ανάμιξη του ζυμαριού που οδηγεί σε καλύτερο ζύμωμα των προϊόντων, στην λίπανση, δηλαδή λειτουργούν ως λιπαντικά τόσο στην αποφυγή του κολλήματος του ζυμαριού στην επιφάνεια της φόρμας, όσο και στην λίπανση της γλουτένης. Επιπλέον η υφή και η δομή του τελικού προϊόντος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το περιεχόμενο λίπος. Τα λίπη και τα έλαια συνεισφέρουν σε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως το άρωμα και την εμφάνιση του τελικού προϊόντος, σχηματίζοντας λαμπερές επιφάνειες και ομοιόμορφη δομή της ψίχας, ενώ παρατείνουν τον χρόνο μαγαγιατέματος. Η σημασία και ο ρόλος των λιπαρών ουσιών ποικίλει αναλόγως το ποσοστό της προσθήκης τους σε μία τυποποίηση και αναλόγως τον τύπο του προϊόντος (τσουρέκι, κέικ, άρτος). Υπάρχουν διαφορετικοί 4 τύποι λιπαρών που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή αρτοποιημάτων:

1. Βούτυρο: παρασκευάζεται αποκλειστικά από γάλα ή κρέμα ή και τα δύο, με ή χωρίς αλάτι και με ή χωρίς πρόσθετη χρωστική ουσία, που δεν περιέχει λιγότερο από 80% κατά βάρος λίπος γάλακτος. Το μη λιπαρό μέρος του βουτύρου αποτελείται από περίπου 16% νερό, 2,5% αλάτι και 1,5% στερεά γάλακτος.

2. Μαργαρίνη: παρασκευάζεται από διάφορα υδρογονωμένα ζωικά ή φυτικά λίπη, καθώς και αρωματικά συστατικά, γαλακτωματοποιητές, χρωστικές ουσίες. Περιέχει 80-85% λίπος, 10-15% υγρασία και περίπου 5% αλάτι, στερεά γάλακτος και άλλα συστατικά

3. Γαλακτωματοποιημένα λίπη (shortening): λέγονται αλλιώς και πλαστικά λίπη. Παρασκευάζονται από σχεδόν 100% ζωικό ή φυτικό λίπος ή και συνδυασμό των δύο.

4. Φυτικά έλαια: σογιέλαιο, καλαμποκέλαιο, φοινικέλαιο, κλπ.

Ενώ το βούτυρο μπορεί να αντικατασταθεί με μαργαρίνη ή μαγειρικά λίπη, το βούτυρο προσφέρει ένα πλεονέκτημα στην υφή στο στόμα και τη ζωντάνια που οδηγούν σε διαφορετικό αποτέλεσμα. Το λίπος που χρησιμοποιείται στη μαργαρίνη τείνει να σχηματίζει μικρά σφαιρίδια ή σφαίρες, ενώ το ζωικό λίπος που βρίσκεται στο βούτυρο σχηματίζει κρυστάλλους. Λόγω του φυσικού σχήματος των κρυστάλλων του λίπους, το βούτυρο τείνει να εξαπλώνεται και να στρώνεται πιο εύκολα και ομοιόμορφα από τη μαργαρίνη. Τα αυξανόμενα επίπεδα λιπαρών σε μία συνταγή απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα νερού για να επιτευχθεί ίση κατανομή και σταθερότητα στο ζυμάρι. Ειδικότερα στα προϊόντα πλουσίου ζυμαριού, όπως είναι το τσουρέκι η διασπορά των λιπαρών θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην διακόπτεται το πλέγμα της γλουτένης, έτσι ώστε το τελικό προϊόν να έχει υφή σχοινιών. (Hutkins, 2006, Lai and Lin, 2006, Oreopoulou, 2006, SMITH and JOHANSSON, 2004).

Ζύμη

Ο *Saccharomyces cerevisiae*, που αναφέρεται επίσης ως ζύμη αρτοποιίας, είναι ένα βασικό συστατικό πολλών διογκούμενων προϊόντων με βάση τα δημητριακά και ένα θεμελιώδες στοιχείο ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας, για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των παραγωγών και των καταναλωτών. Οι συνθήκες που απαιτούνται για την ανάπτυξη της ζύμης είναι: θερμοκρασία 28-32°C, υγρασία και τροφή (άμυλο και σάκχαρα). Η ζύμη μπορεί να δράσει υπό αναερόβιες και αερόβιες συνθήκες. Τα κύτταρα της ζύμης καταναλώνουν τα ζυμώσιμα σάκχαρα (αλκοολική ζύμωση σακχάρων) που υπάρχουν και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και αιθανόλη που είναι υπεύθυνα για την αύξηση του όγκου του ζυμαριού και τη δημιουργία της δομής της ψίχας. Υπό αερόβιες συνθήκες η ζύμη αναπτύσσεται γρήγορα λόγω της οξυγονώσεως του σακχάρου, το οποίο παράγει νέα ζύμη, νερό και την ενέργεια που απαιτείται για την ανάπτυξή της. Έρευνες έχουν δείξει ότι η ζύμη αρτοποιίας εξυπηρετεί και άλλες λειτουργίες. Εκτός από τους δύο πρωτογενείς μεταβολίτες, παράγονται και άλλοι μεταβολίτες όπως οργανικά οξέα, γλυκερόλη και αρωματικές ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη διαδικασία παρασκευής άρτου και στην τελική ποιότητα του. Η παραγωγή μεταβολιτών ζύμωσης μπορεί να επηρεαστεί από

διαφορετικούς παράγοντες, όπως συστατικά του ζυμαριού, συνθήκες ζύμωσης της ζύμης, συνθήκες προγεννητικής ζύμης και τη γενετική σύνθεση του στελέχους ζύμης (Gao *et al.*, 2017, Gélinas, 2006, Hutkins, 2006, Mondal and Datta, 2008, Struyf *et al.*, 2017).

Γάλα

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα χρησιμοποιούνται στην αρτοποιία για τα θρεπτικά τους οφέλη και τις λειτουργικές τους ιδιότητες. Το γάλα θεωρείται επαρκής πηγή πολύτιμων μακροθρεπτικών συστατικών (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη), βιταμινών και μικροθρεπτικών συστατικών (μέταλλα). Τα λειτουργικά οφέλη της προσθήκης του γάλακτος σε αρτοσκευάσματα, περιλαμβάνουν βελτίωση των ιδιοτήτων χειρισμού του ζυμαριού και της ποιότητας του άρτου (γεύση, χρώμα κόρας, δομή ψίχουλου και υφή ψίχας). Η επιρροή του γάλακτος στη ρεολογία ζυμαριού εξαρτάται από τη σύνθεση και ιδιαίτερα από την αλληλεπίδραση των πρωτεϊνών και του λίπους του γάλακτος με την γλουτένη. Οι πρωτεΐνες του, κάνουν το ζυμάρι πιο σφιχτό και αυξάνουν την διατηρησιμότητα. Τα λιπίδια κάνουν τα αρτοσκευάσματα πιο τρυφερά (μαλακώνουν την γλουτένη). Η λακτόζη που περιέχεται στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ένα σάκχαρο που δεν μπορεί να υποστεί ζύμωση από ζύμες, παραμένοντας στο ζυμάρι μετά τη ζύμωση και συμμετέχοντας στις αντιδράσεις Maillard κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του κλιβανισμού δίνοντας την επιθυμητή καφέ κρούστα στον άρτο και σε άλλα είδη αρτοποιίας (Hirpara Krupa, 2011, Iuga *et al.*, 2020, Chandan, no date, Kenny *et al.*, 2000).

Αλάτι

Το αλάτι χρησιμοποιείται στα περισσότερα αρτοσκευάσματα και η χρήση του μπορεί να χωριστεί σε τρεις ευρείες κατηγορίες: για λόγους επεξεργασίας, για την βελτίωση της γεύσης και οσμής του τελικού προϊόντος και για λόγους διατηρησιμότητας. Η προσθήκη άλατος αναστέλλει την ενυδάτωση της γλουτένης. Αυτό οδηγεί σε σταθερότερο πλέγμα, επιτρέποντας στο ζυμάρι να συγκρατεί αποτελεσματικά το διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης μειώνει την δράση της ζύμης ώστε να επιτυγχάνεται ελεγχόμενη διόγκωση του ζυμαριού, ενώ ταυτοχρόνως λειτουργεί σαν ενισχυτής χρώματος. Γενικώς η αναλογία άλατος που χρησιμοποιείται είναι 1-2% επί του βάρους του αλεύρου (Mondal and Datta, 2008, Hutkins, 2006, Luchian and Canja, 2010, Struyf *et al.*, 2017).

Μικρο-συστατικά

Πέρα από τα βασικά συστατικά του τσουρεκιού προστίθενται και κάποια άλλα συστατικά σε μικρότερες ποσότητες, τα οποία δεν επηρεάζουν τις λειτουργικές ιδιότητες των υπόλοιπων

συστατικών. Τέτοια συστατικά συνήθως είναι ουσίες που ενισχύουν το άρωμα και την γεύση του τσουρεκιού όπως το μαγλέπι, η μαστίχα, η βανίλια.

1.1 Ανάμιξη συστατικών και σχηματισμός ζυμαριού

1.1.1 Σκοπός/ Διαδικασία Ανάμιξης

Η διαδικασία και οι μέθοδοι ανάμιξης είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία στην παρασκευή αρτοσκευασμάτων διαφέροντας σημαντικά την κατηγορία του τελικού προϊόντος.. Πολλές μελέτες ζυμαριών σίτου έχουν ασχοληθεί με τη θεμελίωση των δομικών αλλαγών στην πλέγμα της γλουτένης κατά τη διάρκεια της ανάδευσης αλλά και στις χημικές αλλαγές που συμβαίνουν στη γλουτένη μέσω της παρατήρησης με μικροσκόπιο. Έχει αποδεχθεί ότι οι τελικές ιδιότητες του ζυμαριού εξαρτώνται από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες του αλεύρου και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του, ιδιαίτερα από τις υψηλές μοριακού βάρους υπομονάδες της γλουτενίνης (HMW). Η ποιότητα του τελικού τσουρεκιού εξαρτάται από τα συστατικά, από την συνταγή, από την μέθοδο ανάμιξης και τέλος από τον κλιβανισμό. Οι μέθοδοι που επικρατούν για την παραγωγή τσουρεκιού είναι η μέθοδος ενός σταδίου και η μέθοδος εκκινητή (προζύμης) και ζυμαριού (sponge-and-dough), η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Η ανάμιξη έλαβε χώρα σε αναμικτή με αναμικτήρες που ακολουθούσαν ελλειπτική φορά, πετυχαίνοντας με αυτό το τρόπο πρώτα την ομογενοποίηση των συστατικών και δευτερευόντως με την μηχανική καταπόνηση, την δημιουργία του δικτύου γλουτένης που συμβάλλει στις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού. Επακόλουθο φαινόμενο είναι η κατακράτηση και σταθεροποίηση των αερίων. Τέλος ιδιαίτερα σημαντικοί παράγοντες είναι ο χρόνος και η ταχύτητα ανάμιξης αλλά και ο όγκος του δοχείου ανάμιξης για την παραγωγή τσουρεκιού με κατάλληλη υφή και διόγκωση (Shehzad *et al.*, 2012, Alava, Millar and Salmon, 2001, Gobbetti and Gänzle, 2013).

1.1.2 Μέθοδοι ανάμιξης

Οι πιο σύνηθες μέθοδοι ανάμιξης για την παρασκευή τσουρεκιού είναι η μέθοδος ενός σταδίου (μέθοδος όλα σε ένα) και η μέθοδος εκκινητή και ζυμαριού. Η κύρια διαφορά τους έγκειται στην σειρά προσθήκης των συστατικών αλλά και στη διάρκεια και ρυθμό ανάμιξης στα διάφορα στάδια παραγωγής του τσουρεκιού. Η επιλογή της μεθόδου του ενός σταδίου συνεπάγεται χρήση χημικών διογκωτικών (σόδα, baking powder). Όσον αφορά την μέθοδο ενός σταδίου (all in method), τα υλικά τοποθετούνται στον περιέκτη και αναμιγνύονται μέχρι να δημιουργηθεί μία ομοιογενή μάζα. Η προσθήκη του λίπους γίνεται σταδιακά προς το τέλος με το χρόνος της ανάδευσης να ποικίλει (3-4 λεπτά) για κάθε ταχύτητα ,αρχίζοντας από χαμηλή ταχύτητα, μετά σε μεσαία ταχύτητα και τέλος υψηλή ταχύτητα. Η ζύμωση

πραγματοποιείται τουλάχιστον σε δύο στάδια. Η πρώτη διόγκωση γίνεται γενικά με μεγάλες ποσότητες ζύμης και για χρόνους που μεταβάλλονται (από 30 λεπτά έως 3 ώρες), ανάλογα με τη διαδικασία. Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της επέμβασης δεν είναι να επιτευχθεί αύξηση του όγκου, αλλά να προκαλέσει αλλαγές στις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού. Με την πρώτη διόγκωση επιτυγχάνεται η ικανότητα διατήρησης του σχήματος κατά τη διάρκεια της δεύτερης διόγκωσης. Σε αυτό το στάδιο, μεμονωμένα κομμάτια ζυμαριού διατηρούνται σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για περίπου 1 h έως ότου επιτευχθεί ο μέγιστος όγκος. Ως βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου θεωρείται η μείωση του χρόνου της ανάμιξης ωστόσο προσδίδει στο τελικό προϊόν πιο φτωχή υφή και γεύση. Κατά την μέθοδο εκκινητή και ζυμαριού, τα συστατικά προστίθενται σε διαφορετικούς χρόνους. Η διαδικασία ξεκινά αναμιγνύοντας ζύμη με μέρος του αλευριού και του νερού (από 50 έως 70% της συνολικής ζύμης) που απαιτείται για τη τυποποίηση. Μετά από μια φάση διόγκωσης, προστίθενται τα υπόλοιπα μέρη του αλευριού και του νερού, μαζί με οποιοδήποτε άλλο συστατικό απαιτείται. Τέλος γίνεται προσθήκη της λιπαρής ουσίας σταδιακά ώστε να αφομοιωθεί στο ζυμάρι και να μην προκαλέσει ρήξη του πλέγματος της γλουτένης. Το τελικό ζυμάρι κόβεται σε κομμάτια, διαμορφώνεται και αφήνεται να ανέβει για περίπου 1 ώρα πριν ψηθεί. Ο μεγάλος χρόνος διόγκωσης που απαιτείται εξασφαλίζει μια κυψελιδική δομή με μεγάλο αριθμό φυσαλίδων στο προϊόν. Αυτή η δομή εγγυάται εξαιρετική ελαφρότητα, όπως υποδεικνύεται από τον υψηλό ειδικό όγκο και το πορώδες της ψίχας. Το τσουρέκι χαρακτηρίζεται από μια πιο ανεπτυγμένη και ακανόνιστη κυψελιδική δομή, καθώς οι μεγαλύτεροι χρόνοι ζύμωσης καθορίζουν μια αργή και προοδευτική παραγωγή CO₂ (YIN *et al.*, 2021, Gobbetti and Gänzle, 2013).

1.1.1 Διαίρεση ζυμαριού

Η διαίρεση του ζυμαριού έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μικρότερων ισοβαρών κομματιών ζυμαριού. Γενικά, η διαίρεση πραγματοποιείται εντός του συντομότερου δυνατού χρόνου. Το κόψιμο του ζυμαριού επίσης βοηθά στο να δοθεί ένα αρχικό σχήμα στο εκάστοτε αρτοσκεύασμα. Η κλασική μέθοδος κοπής του ζυμαριού χρησιμοποιήθηκε με την βοήθεια μαχαιριού (χειρωνακτική μέθοδος). Επί του παρόντος σε βιομηχανικό επίπεδο, αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται από αυτοματοποιημένα μηχανήματα (Gobbetti and Gänzle, 2013, Stauffer, 1993).

Ζύμωση – Ωρίμανση – Διόγκωση ζυμαριού

Η προζύμη είναι μία ζύμη που περιέχει καλλιέργεια ζυμομυκήτων, κατά κύριο λόγο του *Saccharomyces cerevisiae*. Είναι ένας από τους τρόπους φυσικής διόγκωσης στην

αρτοποιεία. Αποσκοπεί σε σταθερή δομή της γλουτένης, καθώς το εγκλωβισμένο αέριο διαστέλλεται και διατηρείται η εσωτερική πίεση στις κυψελίδες με αποτέλεσμα τη διόγκωση του ζυμαριού αλλά και στην ανάπτυξη της γεύσης του τελικού προϊόντος. Όσον αφορά την διόγκωση του ζυμαριού σημαντικό ρόλο, εκτός από το παραγόμενο CO₂, παίζει και ο σχηματιζόμενος ατμός. Η βέλτιστη θερμοκρασία δράσης των ζυμομυκήτων κυμαίνεται στους 36-39°C, ωστόσο δεν χρησιμοποιούνται τέτοιες υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ζυμώσεως. Εάν η θερμοκρασία υπερβεί τους 55°C επέρχεται αδρανοποίηση των ζυμομυκήτων. Η ωρίμανση του ζυμαριού επιτυγχάνεται σε ειδικά διαμορφωμένες στόφες για 30-40 min. Αναλόγως την τυποποίηση διαφοροποιείται ο αριθμός των στοφιασμάτων όπως και ο χρόνος στοφιάσματος μπορεί να μην είναι σταθερός, λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας του ζυμαριού αλλά και του εκάστοτε μέρος εργασίας (Lazos E. & Lazou A., 2016c).

Σχηματοποίηση ζυμαριού

Η σχηματοποίηση του ζυμαριού πραγματοποιείται μετά την διαίρεση του ζυμαριού με σκοπό να δοθεί στα τελικά τεμάχια του ζυμαριού το χαρακτηριστικό σχήμα τσουρεκιού. Με αυτή την διαδικασία επιτυγχάνεται η δημιουργία της γνωστής εσωτερικής δομής του τσουρεκιού με ίνες (σχοινιά) και παράλληλα η ομοιόμορφη κατανομή των φυσαλίδων αέρα στη ζύμη. Καθ' όλη τη διαδικασία της σχηματοποίησης πρέπει να διατηρείται η θερμοκρασία του ζυμαριού, διότι η πτώση της θερμοκρασίας θα επιφέρει αύξηση του χρόνου ζυμώσεως ή μέχρι και σε αποτυχία της τυποποίησης (Lazos E. & Lazou A., 2016c).

Κλιβανισμός

Ο κλιβανισμός θεωρείται το πιο σημαντικό στάδιο ολόκληρης της διαδικασίας παραγωγής τσουρεκιού. Κατά τον κλιβανισμό το ζυμάρι θερμαίνεται και χάνει την υγρασία του. Η θέρμανση συμβαίνει από το εξωτερικό προς το εσωτερικό μέρος ενώ η απώλεια νερού συμβαίνει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στο φούρνο, η μεταφορά θερμότητας προς τη ζύμη συμβαίνει με ακτινοβολία από τα τοιχώματα και με μεταφορά αέρα. Μέσα στη ζύμη, η μεταφορά γίνεται με αγωγή. Αυτά τα δύο φαινόμενα προκαλούν πολλαπλές αλλαγές, που διαφέρουν ως προς τη φυσική, χημική και βιοχημική φύση και ένταση, ανάλογα με τη θερμοκρασία και την περιοχή του ζυμαριού. Παρατηρείται επίσης η εναλλαγή από την κατάσταση αφρού στην κατάσταση σφουγγαριού και η διαφοροποίηση μεταξύ κρούστας και ψίχας. Η θερμοκρασία μέσα στη ζύμη είναι πάντα κάτω από 100°C, ενώ στην επιφάνεια φτάνει τους 180–200°C. Επειδή η θερμοκρασία είναι συνήθως μεταξύ 200 και 230°C, η κινητική του κλιβανισμού είναι αρκετά αργή και παρέχει σταθεροποίηση στην εσωτερική

δομή. Μόλις η ζύμη εισήχθη στο φούρνο, η ζυμωτική δραστηριότητα του *Saccharomyces cerevisiae* αυξάνεται έως ότου επέλθει μικροβιακός θάνατος σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 50°C. Η θέρμανση προκαλεί μια περαιτέρω σημαντική επέκταση όγκου περίπου 40% του όγκου, που αντιστοιχεί σε 10% αύξηση της επιφάνειας του τσουρεκιού. Ο όγκος που καταλαμβάνεται από τα αέρια, το CO₂, τους ατμούς αιθανόλης, τους υδρατμούς, αυξάνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Ξεκινώντας από τους 70°C, οι χημικοί και βιοχημικοί μετασχηματισμοί των μακρομορίων σταθεροποιούν το σύμπλοκο. Συνεπώς σχηματίζεται ένα πορώδες δίκτυο αλληλοσυνδεδεμένων κυψελίδων που διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα συμπαγές πλέγμα με πολύ λεπτά τοιχώματα. Κατά τη διάρκεια αυτή η γλουτένη μετουσιώνεται και χάνει εντελώς την εκτατότητα της ενώ αποκτά ελαστικότητα. Το άμυλο διογκώνεται και ζελατινοποιείται στους 55°C και συνεχίζεται μέχρι τους 65°C. Η ένταση αυτών των δύο φαινομένων εξαρτάται από την απόσταση από το γεωμετρικό κέντρο του ζυμαριού. Η θερμοκρασία στο κεντρικό σημείο πρέπει να κυμαίνεται από 90-95°C για να αποφευχθεί η κατάρρευση λόγω μη άκαμπτης δομής. Λόγω της διαβαθμισμένης θερμοκρασίας που δημιουργείται κατά τον κλιβανισμό, η επιφάνεια της ζύμης, η οποία εκτίθεται στην θερμοκρασία του φούρνου από την αρχή, χάνει την ελαστικότητα της και αποκτά καστανό χρωματισμό λόγω των αντιδράσεων καραμελοποίησης και Maillard. Οι εξωτερικές επιφάνειες επομένως γίνονται όλο και περισσότερο αφυδατωμένες και διαπερατές, διευκολύνοντας την εξάτμιση και την απελευθέρωση των υδρατμών που παράγονται και συσσωρεύονται μέσα. Μόλις ολοκληρωθεί ο κλιβανισμός, η κόρα έχει μικρή τιμή υγρασίας εξασφαλίζοντας με αυτό το τρόπο ευθρυπτότητα και τραγανότητα. Το εσωτερικό διατηρεί υψηλότερη υγρασία και παραμένει μαλακό και φωτεινό. Οι σύνθετες χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά τον κλιβανισμό έχουν ιδιαίτερη σημασία για το άρωμα και τη γεύση των ψημένων προϊόντων. Το άμυλο στη κόρα αποικοδομείται σε δεξτρίνες μεταξύ 110 και 140°C. Η καραμελοποίηση ξεκινά στους 140-150°C και συνεχίζεται παράγοντας πυροδεξτρίνες, σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Οι πρωτεΐνες αντιδρούν με τα σάκχαρα (αντίδραση Maillard), σχηματίζοντας έναν αριθμό ενώσεων που είναι υπεύθυνες για το χρώμα και το τυπικό άρωμα του (Gobbetti and Gänzle, 2013, Zhang and Datta, 2006, Donovan, 1977).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοπός

Η εκπόνηση των πειραμάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Η ολοένα και αυξανόμενη χρήση της βιομηχανικής κάνναβης για την παρασκευή προϊόντων αρτοποιίας οδήγησε στην ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων. Σύμφωνα με έρευνες ο εμπλουτισμός των τελικών προϊόντων με βιομηχανική κάνναβη επιφέρει αύξηση των βιοδραστικών συστατικών τους. Το αρτοσκεύασμα που επιλέχθηκε προς μελέτη ήταν το ελληνικό παραδοσιακό τσουρέκι. Η έλλειψη βιβλιογραφίας πάνω στο προϊόν αυτό και λόγω της αρεστότητας του προϊόντος από τους καταναλωτές, ιδίως τις ημέρες του Πάσχα που είναι συνηθισμένο γλύκισμα, έδωσε το έναυσμα για την υλοποίηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας. Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ενσωμάτωση και η μελέτη της επίδρασης του αλεύρου κάνναβης στο ελληνικό παραδοσιακό τσουρέκι. Επιπλέον μελετήθηκε η τροποποίηση της κλασικής συνταγής του παραδοσιακού τσουρεκιού αντικαθιστώντας τα ζωικά συστατικά με φυτικά με ταυτόχρονη προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Αρχικά πραγματοποιήθηκε συλλογή της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα οποία βασίστηκαν κυρίως στην παραγωγή άρτου και μπισκότων με προσθήκη αλεύρου κάνναβης προσδιορίστηκαν οι βασικοί πυλώνες της έρευνας. Ειδικότερα με προκαταρκτικά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, επιλέχθηκαν οι βέλτιστες συνθήκες της πειραματικής διαδικασίας (επιλογή υλικών και αναλογία τους, μέθοδος ανάμιξης, χρόνος-θερμοκρασία κλιβανισμού, συνθήκες και χρόνος ψύξης και αποθήκευσης) και μελετήθηκε η επαναληψιμότητα του πειράματος για την παρασκευή ικανού αριθμού δειγμάτων με ομοιόμορφα χαρακτηριστικά. Ακολούθως διεξήχθησαν τα πειράματα παρασκευής των εμπλουτισμένων τσουρεκιών με 0%, 10%, 30% και 50% υποκατάσταση του αλεύρου σίτου με αλεύρι βιομηχανικής κάνναβης. Η επίδραση του προστιθέμενου αλεύρου κάνναβης στα φυσικοχημικά, γεωμετρικά, δομικά, μηχανικά, οργανοληπτικά και χρωματικά χαρακτηριστικά του φρέσκου αρτοσκευάσματος ελέγχθηκε τόσο στα προϊόντα που προήλθαν από την κλασική συνταγή, όσο και στα χορτοφαγικά προϊόντα.

Υλικά

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα ήταν οι εξής:

- Άλευρο μαλακού σίτου «Super Αμερικής» (λευκό), από τους μύλους «Μάρρα» (Κόρινθος) με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1
- Ελαιόπιτα κάνναβης από τον συνεταιρισμό «KANNABIO hemp cooperative» (Βόλος, Μαγνησίας) με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2
- Κρυσταλλική ζάχαρη εμπορικής προέλευσης (ΑΒ Αττική, Ελλάδα)
- Φρέσκια ζύμη «το χελιδόνι» εμπορικής προέλευσης (Lesaffre Italia S.p.A.)
- Βούτυρο γάλακτος «Lurpak»
- Φυτικό βούτυρο «Βιτάμ»
- Φρέσκο γάλα αγελάδος «Δέλτα» (Αγ. Στέφανος Αττικής)
- Ρόφημα σόγιας «Provamel»
- Βιολογικός Πουρές Μήλου «Terrasana»
- Μαχλέπι «Ανατολή»
- Μαστίχα από την ένωση μαστιχοπαραγωγών Χίου
- Βανίλια (ΑΒ Αττική, Ελλάδα)
- Αυγά
- Αλάτι
- Πορτοκάλι

Τα χαρακτηριστικά του αλεύρου σίτου και του αλεύρου κάνναβης αναφέρονται στους Πίνακες 6.1 και 6.2 αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1/ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ ΣΙΤΟΥ.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ.

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

Πειραματική διαδικασία

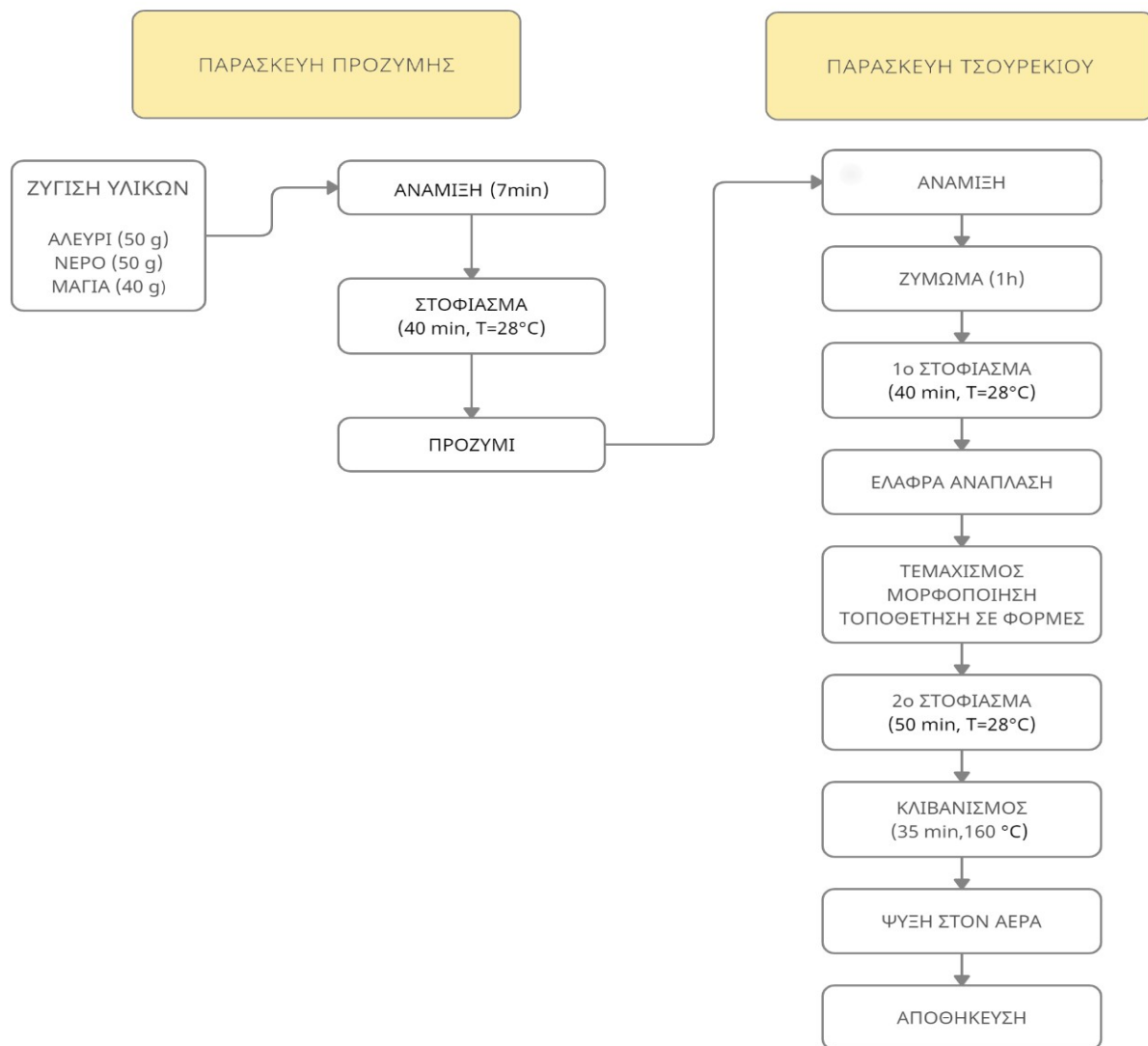
Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά τη ζύγιση των πρώτων υλών στις ποσότητες που αναγράφονται στους Πίνακες 6.3 και 6.4. Η παραγωγή έγινε με χρήση της μεθόδου εκκινητή και ζυμαριού (sponge and dough). Αρχικά προστίθενται στον αναμκτήρα (Izzy, kitchen machine super extra) τα υλικά για την παρασκευή του προζυμιού, αναδεύονται για 7 min και στην συνέχεια τοποθετείται σε θάλαμο ζύμωσης για 40 min στους 28°C. Μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος αναμιγνύονται όλα τα υπόλοιπα υλικά με το προζύμι για 1h για τον σχηματισμό του ζυμαριού και τοποθετείται σε θάλαμο ζύμωσης για 40 min στους 28°C. Στη συνέχεια το ζυμάρι χωρίζεται σε δείγματα των $574 \pm 1,5$ g, τα οποία μορφοποιούνται με τα χέρια και τοποθετούνται σε ορθογώνιες φόρμες αλουμινίου (30x10 cm) και τοποθετούνται εκ νέου σε θάλαμο ζύμωσης στους 28°C. Μετά από 50 min, οπότε και έχει γίνει πλήρη ωρίμανση και ανάπτυξη του ζυμαριού, ακολουθεί ο κλιβανισμός σε θερμοκρασία 160°C. Η διάρκεια του κλιβανισμού είναι 35 min. Μετά τον κλιβανισμό, τα αρτοσκευάσματα αφήνονται για περίπου 2h σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ώστε να ψυχθούν. Τα προϊόντα αποθηκεύονται σε σακούλες PE, μέχρι την περαιτέρω ανάλυσή τους. Στο Σχήμα 6.1 φαίνεται το διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3 ΒΑΣΙΚΗ ΣΥΝΤΑΓΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΡΑΛΟΣΙΑΚΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ.

Συστατικά	Ποσοστό (%) επί του βάρους του αλεύρου
Ζάχαρη	35
Βούτυρο	25
Αυγά	30
Γάλα	10
Νωπή μαγιά	10
Νερό	10
Αλάτι	0,5
Μαχλέπι	3
Μαστίχα	0,3
Βανιλίνη	0,2
Ξύσμα πορτοκαλιού	0,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4 ΒΑΣΙΚΗ ΣΥΝΤΑΓΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ.

Συστατικά	Ποσοστό (%) επί του βάρους του αλεύρου
Ζάχαρη	35
Μαργαρίνη	25
Πουρές μήλου	34,5
Ρόφημα σόγιας	10
Νωπή μαγιά	10
Νερό	10
Αλάτι	0,5
Μαχλέπι	3
Μαστίχα	0,3
Βανιλίνη	0,2
Ξύσμα πορτοκαλιού	0,2



ΣΧΗΜΑ 6.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ.

Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού (τσουρεκιού)

Προσδιορισμός υγρασίας

Για τη μέτρηση της υγρασίας της ψίχας και της κόρας του τελικού προϊόντος προζυγίζονται τρία τριβλία και στη συνέχεια τοποθετούνται σε αυτά περίπου 2g (με ακρίβεια $\pm 0,05$ g) δείγματος. Ξηραίνονται σε φούρνο στους 110°C για 24 h. Αφήνονται να κρυσώσουν σε ξηραντήρα με silica gel για να μην απορροφήσουν υγρασία και ζυγίζονται σε αναλυτικό ζυγό, ώστε να υπολογιστεί η απώλεια βάρους τους, από όπου υπολογίζεται και η περιεχόμενη υγρασία τους (Huang *et al.*, 2019).

Προσδιορισμός της ενεργότητας ύδατος

Η ενεργότητα ύδατος (a_w) της κόρας και της ψίχας του τσουρεκιού μετρήθηκε με την χρήση οργάνου μέτρησης της ενεργότητας ύδατος (Aqua Lab 4TE, Decagon Devices, Inc., USA) (Gonzales-Barron *et al.*, 2020). Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τουλάχιστον τριών μετρήσεων.

Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων κατά τον κλιβανισμό (baking loss)

Μετά τον κλιβανισμό και την παραμονή τους για 2h σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, τα δείγματα τσουρεκιού ζυγίζονται. Από τις μετρήσεις αυτές υπολογίζεται η μεταβολή του βάρους κατά τον κλιβανισμό επί τοις εκατό, σε σχέση με το αρχικό βάρος των δειγμάτων (Mustafa *et al.*, 2018, Diprat *et al.*, 2020). Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τουλάχιστον τριών μετρήσεων.

$$B.L. = \frac{B_i - B_t}{B_i} * 100 \quad (6.1)$$

Το B_i εκφράζει το δείγμα του τσουρεκιού που ζυγίζεται μετά το πέρας της θερμικής επεξεργασίας και χωρίς τη συσκευασία ενώ το B_t εκφράζει το δείγμα του ζυμαριού πριν από την θερμική επεξεργασία.

Προσδιορισμός του ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων

Η ογκομέτρηση των αρτοσκευασμάτων γίνεται με την μέθοδο εκτόπισης σπόρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται κατάλληλο δοχείο το οποίο πριν τη μέτρηση συμπληρώνεται πλήρως με μικρούς συμμετρικούς φυτικούς σπόρους (π.χ. σιναπιού, λιναριού, ελαιοκράμβης, κ.α.) (Onyango *et al.*, 2020). Στη συνέχεια, αφαιρείται αρκετή ποσότητα σπόρων, τοποθετείται το δείγμα στο εσωτερικό του δοχείου και συμπληρώνονται τα κενά με όσους σπόρους χρειάζονται. 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 δείγματος (B_A) υπολογίζεται ο ειδικός όγκος (SV) του άρτου (Σχέση 6.2) ο οποίος εκφράζεται σε mL/g προϊόντος (Ding *et al.*, 2019). Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τουλάχιστον τριών μετρήσεων.

$$SV = \frac{V_A}{B_A} \quad (6.2)$$

Προσδιορισμός του χρώματος των αρτοσκευασμάτων

Το χρώμα της κόρας και της ψίχας των δειγμάτων άρτου μετριέται με τη βοήθεια του χρωματόμετρου (HunterLab, Miniscan XE Plus) το οποίο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L^* , a^* , b^* βάσει του συστήματος CIELAB. Η μέτρηση γίνεται σε δύο παρόμοια

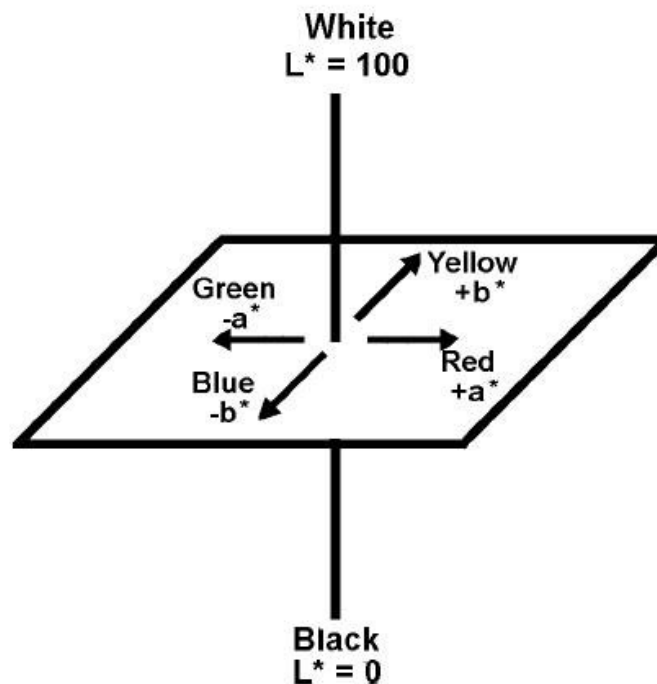
δείγματα, ενώ σε κάθε δείγμα πραγματοποιείται τριπλή μέτρηση. Η τιμή της διαφοράς του χρώματος προκύπτει με βάση την παρακάτω σχέση:

$$\Delta E = \sqrt{(L^i - L_0^i)^2 + (a^i - a_0^i)^2 + (b^i - b_0^i)^2} \quad (6.3)$$

όπου L_0 ο μέσος όρος των τιμών της φωτεινότητας του μάρτυρα, a_0 ο μέσος όρος των τιμών της πράσινης απόχρωσης ή της ερυθρότητας του μάρτυρα και ως b_0 ο μέσος όρος των τιμών της κίτρινης ή μπλε απόχρωσης του μάρτυρα.

Το L^* εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος. Αν ένα δείγμα έχει μηδενική τιμή για τα a^* , b^* , πρέπει να βρίσκεται πάνω 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 (Σχήμα 6.2) (Diprat *et al.*, 2020).

Τιμές $\Delta E < 1$, οι διαφορές χρώματος δεν θεωρούνται προφανείς για το ανθρώπινο μάτι. Τιμές $1 < \Delta E < 3$, οι χρωματικές διαφορές δεν διακρίνονται εύκολα από το ανθρώπινο μάτι. Τιμές $\Delta E > 3$, οι χρωματικές διαφορές θεωρούνται προφανείς για το ανθρώπινο μάτι (Rojic *et al.*, 2015).

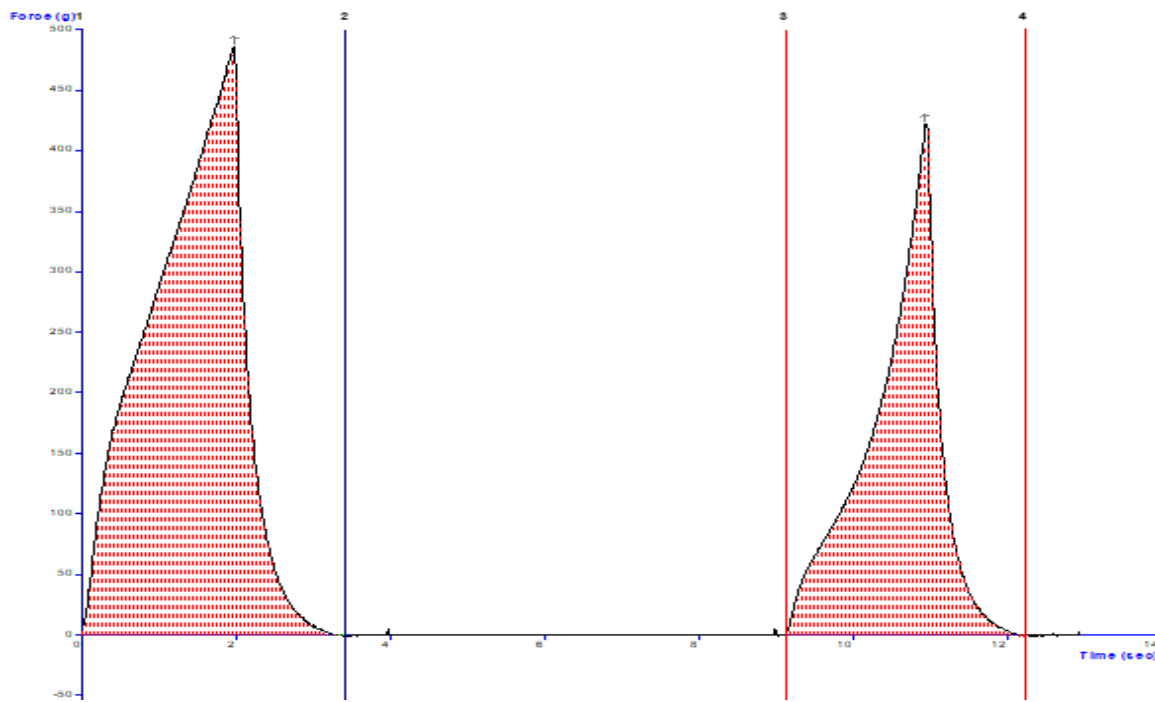


ΣΧΗΜΑ 6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CIELAB
 ΠΗΓΗ: [HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/SACHIDANANDABS/COLORSPACE](https://sites.google.com/site/sachidanandabs/colorspace)

Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων

Η εκτίμηση των χαρακτηριστικών της υφής των τσουρεκιών γίνεται με χρήση των μηχανικών ιδιοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών υφής των αρτοσκευασμάτων χρησιμοποιούνται δύο παρόμοια δείγματα, από τα οποία λαμβάνονται συνολικά 4 φέτες πάχους 2 cm. Στις φέτες αυτές εφαρμόζεται η δοκιμή ανάλυσης αναπαραστάσεως υφής (Texture Profile Analysis) με χρήση αναλυτή υφής (TA.XT2i; Stable Micro Systems). Στα δείγματα πραγματοποιείται διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση με την βοήθεια κυλίνδρου, υπό τις συνθήκες: ταχύτητα συμπίεσης 1 mm/s, βάθος διείδυσης 50%, προσομοιάζοντας τη διαδικασία της μάσησης. Ο κύλινδρος που χρησιμοποιείται είναι ο P/25 (25mm diameter aluminium platen). Το διάγραμμα δύναμης-χρόνου (Σχήμα 6.3), χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό παραμέτρων όπως: η σκληρότητα (η μέγιστη δύναμη κατά την 1^η διείδυση), η ελαστικότητα (δείχνει το πόσο καλά επανέρχεται ένα προϊόν στην αρχική του θέση μετά την παραμόρφωση του κατά την πρώτη συμπίεση) που υπολογίζεται από τον λόγο $Length2/Length1$, η συνεκτικότητα (η αντίσταση του προϊόντος σε μία δεύτερη παραμόρφωση, σχετικά με το πως συμπεριφέρθηκε στην πρώτη) που υπολογίζεται από τον λόγο των επιφανειών $Area2/Area1$, η κολλητικότητα που υπολογίζεται από το γινόμενο της σκληρότητας επί την συνεκτικότητα και η μασητικότητα των δειγμάτων (η ενέργεια που απαιτείται για να γίνουν τα στερεά τρόφιμα έτοιμα για κατάποση) και υπολογίζεται ως η

κολλητικότητα επί την ελαστικότητα (Mustafa *et al.*, 2018, Gonzales-Barron *et al.*, 2020).



Σχήμα 6.3 Διάγραμμα δοκιμή ανάλυσης αναπαραστάσεως υφής (Texture Profile Analysis) δύναμης-χρόνου αναλυτή υφής.

Προσδιορισμός δομικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων

Το πορώδες του αρτοσκευάσματος είναι ο λόγος του όγκου των διάκενων (V_k) προς το συνολικό όγκο του δείγματος (V_a). Ο συνολικός όγκος είναι το άθροισμα του όγκου των στερεών $V(s)$ και του όγκου των διάκενων και δίνεται από την εξίσωση:

$$V_a = V_s + V_k \quad (6.4)$$

Η φαινόμενη πυκνότητα (ρ_a) των αρτοσκευασμάτων υπολογίζεται από τον λόγο της μάζας τους προς τον συνολικό τους όγκο, συμπεριλαμβανομένων και των πόρων του αέρα. Πιο συγκεκριμένα ο φαινόμενος όγκος υπολογίζεται από τις διαστάσεις του προϊόντος, θεωρώντας ότι έχει σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου. Για την μέτρηση των διαστάσεων χρησιμοποιήθηκε παχύμετρο.

Η πραγματική πυκνότητα (ρ_t) των αρτοσκευασμάτων αναφέρεται στην πυκνότητα του υλικού χωρίς τους πόρους και υπολογίζεται από την μάζα του υλικού προς τον πραγματικό όγκο. Πιο συγκεκριμένα η πραγματική πυκνότητα προσδιορίστηκε με την χρήση στερεοπυκνόμετρου ηλίου Quantachrome (model MVP-1, Quantachrome, Florida, USA). Προ ζυγίστηκε τριμμένη ποσότητα δείγματος και προσδιορίστηκε ο πραγματικός όγκος με την χρήση της κυψελίδας micro (Zanoni, Peri and Gianotti, 1995). Ο πραγματικός όγκος (V_t) και η πραγματική πυκνότητα (ρ_t) δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$V_t = V_C + V_R \left(\frac{P_1}{P_2} - 1 \right) \quad (6.5)$$

Όπου V_C και V_R σταθερές του μηχανήματος, P_1 η πίεση στο κελί αναφοράς, P_2 η πίεση στο κελί του δείγματος.

$$\rho_t = \frac{m_t}{V_t} \quad (6.6)$$

Όπου m_t η μάζα του τριμμένου υλικού, V_t ο πραγματικός όγκος.

Οι όγκοι V_C και V_R προσδιορίστηκαν από την βαθμονόμηση του οργάνου, με την χρήση μεταλλικών σφαιρών γνωστής διαμέτρου, για την κυψελίδα micro (Lazou, 2011)(Lazou and Krokida, 2011).

Το πορώδες προσδιορίζεται μέσω της πραγματικής και της φαινόμενης πυκνότητας από την σχέση:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_t} \quad (6.7)$$

Προσδιορισμός ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης

Η εκχύλιση των φαινολικών ενώσεων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας μεθανόλη ως διαλύτη, επειδή η μεθανόλη αναγνωρίζεται ευρέως ως ο διαλύτης που εξάγει σχεδόν όλα τα φαινολικά (Bisharat *et al.*, 2015). Προκειμένου να απομακρυνθεί το λίπος, τα δείγματα εκχυλίστηκαν για 1 ώρα με n-εξάνιο σε αναλογία 1:5 με συνεχή εκχύλιση, σε δονούμενη πλάκα (Orbital Shaker SO1, Stuart Scientific, UK), σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην συνέχεια το υπολειπόμενο δείγμα εκχυλίστηκε με μεθανόλη με αναλογία 1:5 και τοποθετείται σε δονούμενη πλάκα στους 40°C για 24h. Εν συνεχεία επέρχεται διήθηση για

παραλαβή του αποστάγματος και συμπύκνωσή του μέχρι ξηρού. Το συμπυκνωμένο δείγμα παραλαμβάνεται ποσοτικά με μεθανόλη σε ογκομετρική φιάλη των 10 ml, η οποία γεμίζεται με μεθανόλη έως την χαραγή (Bisharat *et al.*, 2015).

Το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο του εκχυλίσματος προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας αντιδραστήριο Folin όπως περιγράφεται από την μέθοδο των (Lafka *et al.*, 2013). Παραλαμβάνεται 1ml εκχυλίσματος σε ογκομετρική φιάλη των 10 ml και προστίθενται 20 ml νερό, 0,625ml αντιδραστήριο Folin και αναδεύεται. Έπειτα αφήνεται για 3min σε ηρεμία και μετά το πέρας του χρόνου προστίθεται 2,5 ml Na₂CO₃ (35%) και συμπληρώνεται νερό μέχρι την χαραγή. Το διάλυμα παραμένει για 1h σε σκοτεινό μέρος και φωτομετρείται σε φασματοφωτόμετρο μονής δέσμης ορατού-υπεριώδους U.V.-VIS (UVmini 1240, Shimadzu, Ltd., Hong Kong) στα 725nm. Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων παρασκευάστηκε μια τυπική καμπύλη βαθμονόμησης χρησιμοποιώντας το γαλλικό οξύ ως πρότυπο. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως mg γαλλικού οξέος ανά 100 g (Carciochi, Galván D 'Alessandro and Manrique, 2016, Mikulec *et al.*, 2019)

Η μέτρηση της αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών εκχυλισμάτων, πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο DPPH (1,1 diphenyl dipicryl hydrazin) σύμφωνα με την μέθοδο των (Lafka *et al.*, 2011). Αναλυτικότερα, προστέθηκαν σε κυψελίδα 0,2 mL μεθανολικού διαλύματος του εκχυλίσματος και 3,8 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 (0,2 mL μεθανόλη + 3,8 mL διαλύματος DPPH) με μεθανόλη που έχει το ρόλο του τυφλού. 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 % αναστολή του DPPH, υπολογίστηκε σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση που προτάθηκε από τους (Yen and Duh, 1994):

$$AA \% = \frac{\Delta A}{A_0} * 100 \quad (6.8)$$

όπου A₀ η απορρόφηση στα 515 nm του μάρτυρα σε χρόνο t=0 min και ΔA = A₀-A_{τελ}, όπου A_{τελ} η τελική απορρόφηση του δείγματος στα 515 nm.

Ισόθερμες ροφήσεως αρτοσκευασμάτων

Για τον προσδιορισμό των ισόθερμων ροφήσεως της ψίχας και της κόρας των αρτοσκευασμάτων χρησιμοποιήθηκε η σταθμική μέθοδος (Maroulis *et al.*, 1988). Τα

δείγματα αλέσθηκαν σε περιστρεφόμενο μύλο και στην συνέχεια αφυδατώθηκαν σε ξηραντήρα με P₂O₅ για ένα μήνα. Προζυγίζονται τρία φιαλίδια ζυγίσεως και τοποθετούνται σε αυτά περίπου 0,2g (με ακρίβεια ± 0,005 g) αφυδατωμένου δείγματος. Τα δείγματα τοποθετούνται σε ξηραντήρες που περιέχουν κορεσμένα διαλύματα αλάτων (NaCl, LiCl, KNO₃, MgCl₂, Mg(NO₃)₂), σε θερμοκρασίες 25, 35 και 45°C. Αφήνονται για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 21 ημερών, μέχρι σταθερού βάρους, έτσι ώστε να επέλθει ισορροπία. Για τον προσδιορισμό της υγρασίας τα δείγματα τοποθετούνται σε φούρνο κενού για 24h..

Για την περιγραφή των φαινομένων ροφήσεως χρησιμοποιήθηκε το μαθηματικό πρότυπο GAB. Η εξίσωση που περιγράφει το πρότυπο GAB είναι η εξής:

$$x = \frac{X_m K a_w}{1 - K a_w [1 + (C - 1) K a_w]} \quad (6.9)$$

Όπου X_m η περιεκτικότητα της υγρασίας μονοστιβάδος (kg H₂O/kg ξηρών στερεών), C σταθερά, η οποία είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και σχετίζεται με την θερμότητα προσροφήσεως του νερού στα σωματίδια και K σταθερά, η οποία βελτιώνει την προσαρμογή σε μία ευρύτερη περιοχή περιεκτικότητας υγρασίας (Lazou, 2011)(Lazou and Krokida, 2011).

Οργανοληπτική αξιολόγηση των αρτοσκευασμάτων

Για την ακριβέστερη και πληρέστερη εκτίμηση των χαρακτηριστικών των γλυκών αρτοσκευασμάτων, πραγματοποιείται οργανοληπτική εξέταση των δειγμάτων από 10 δοκιμαστές με χρήση Ποσοτικής Περιγραφικής Δοκιμής (Quantitative Descriptive Analysis - QDA). Οι δοκιμαστές κλήθηκαν να βαθμολογήσουν τα αρτοσκευάσματα (τσουρέκια) που προκύπτουν από τις διαφορετικές τυποποιήσεις. Οι δοκιμαστές αξιολόγησαν τα αρτοσκευάσματα σε ειδικούς φωτισμένους θαλάμους. Για την εξασφάλιση σταθερών συνθηκών μεταξύ των οργανοληπτικών ελέγχων τα αναλώσιμα που χρησιμοποιήθηκαν (πλαστικά πιάτα, ποτήρια, εμφιαλωμένο νερό) είχαν σταθερά χαρακτηριστικά.

Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων περιλάμβανε τον τεμαχισμό μίας φέτας από κάθε δείγμα υποκατάστασης (0%, 10%, 30%, 50%), πάχους 2 cm και την τοποθέτησή τους σε λευκά πλαστικά πιάτα. Τα δείγματα εμφανίζονταν στους δοκιμαστές με τυχαία σειρά. Σε κάθε πιάτο αναγραφόταν ένας τριψήφιος κωδικός, χαρακτηριστικός για το κάθε δείγμα.

Στον Πίνακα 6.5 που ακολουθεί περιγράφονται οι όροι που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Η εκτίμηση και βαθμολόγηση των περιγραφικών όρων θα πραγματοποιηθεί με χρήση 9-βάθμιας κλίμακας όπου:

1 = χαμηλότερη ένταση / μη αντιληπτό χαρακτηριστικό,

5 = αρκετά αντιληπτό χαρακτηριστικό

9 = υψηλότερη ένταση / εξαιρετικά αντιληπτό / πολύ έντονο.

Τέσσερα δείγματα σεβίρονται σε κάθε μία δοκιμή. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 20 δοκιμές των 45 λεπτών.

Πίνακας 6.5 Πίνακας οργανοληπτικής αξιολόγησης - Περιγραφικής ανάλυσης

	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
	Ελαστικότητα με το χέρι	Ικανότητα του δείγματος να επιστρέψει την αρχική θέση μετά τη συμπίεση	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 αποσχηματισμού και συγκόλλησης κατά τη μάσηση	Χαμηλή έως υψηλή
	Υγρασία ενυδάτωσης ψίχας	Ποσό σάλιου που ελευθερώνεται στο στόμα κατά τη μάσηση	Χαμηλό έως υψηλό

Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων

Για τον σκοπό της συγκεκριμένης ανάλυσης, ελήφθησαν φωτογραφίες από ολόκληρο το τσουρέκι αλλά και από κάθε πλευρά της εκάστοτε φέτας (σύνολο 8 φέτες). Η φωτογραφική μηχανή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Canon EOS 4000D digital. Παράλληλα για την επίτευξη του σκοπού χρησιμοποιήθηκε κατάλληλος φωτισμός εκατέρωθεν της κάμερας αλλά και ειδική φωτιστική πλάκα (Kaiser slimlite plano), τα οποία μείωσαν τις σκιές και βελτίωσαν την ευκρίνεια των φωτογραφιών.

Εν συνεχεία, οι εικόνες επεξεργάστηκαν μέσω του ImagePro-Plus v7.0.1.658 λογισμικού, για το προσδιορισμό των γεωμετρικών και μορφολογικών ιδιοτήτων, τόσο της φρατζόλας, όσο και του κυψελώματος του τσουρεκιού. Όλες οι μετρήσεις των δειγμάτων, είτε αφορούν γεωμετρικά χαρακτηριστικά, είτε χαρακτηριστικά των πόρων επιτεύχθηκαν ακολουθώντας τις ρυθμιζόμενες μακροεντολές του προγράμματος. Για κάθε τσουρέκι (φρατζόλα τσουρεκιού) οι γεωμετρικές ιδιότητες που υπολογίστηκαν, περιλαμβάνουν το μήκος (mm), το πάχος (mm), το πλάτος (mm), την περίμετρο (mm) και την επιφάνεια (mm^2) (Wang, Zhou and Isabelle, 2007). Για τον υπολογισμό του πορώδους του τσουρεκιού λήφθηκαν υπόψιν οι παρακάτω μετρήσεις: αριθμός κυψελίδων/ cm^2 ‘number of cells/ cm^2 ’ και συνολική επιφάνεια κυψελίδων / συνολική μετρούμενη επιφάνεια ‘total cell area/ total measured area’. Μια αναλυτική έρευνα διεξήχθη πάνω στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων με τις ακόλουθες τιμές να υπολογίζονται: επιφάνεια εκάστοτε πόρου (mm^2), αναλογία απεικονίσεως (aspect ratio), στρογγυλότητα (είναι το μέτρο σύγκρισης της διαφορετικότητας του πόρου από τον κύκλο), διάμετρος (mm). Επιπροσθέτως, όσον αφορά την εκάστοτε φέτα του τσουρεκιού μετρήθηκαν τα ακόλουθα γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά, περιλαμβάνοντας την συνολική επιφάνεια της φέτας (mm^2), την περίμετρο (mm), “margination” (περιθωριοποίηση, δηλαδή η σχετική κατανομή της έντασης του αντικειμένου μεταξύ του κέντρου και του περιθωρίου – η τιμή 0,33 υποδηλώνει ομοιογενές αντικείμενο), “clumpiness” (κλάσμα εικονοστοιχείων που αποκλίνει από τον μέσο όρο που απομένει μετά από διαστολή, που αντικατοπτρίζει τις παραλλαγές της υφής). Οι υπολογισμοί των γεωμετρικών και μορφολογικών ιδιοτήτων προκύπτουν από τον μέσο όρο οκτώ διαφορετικών φωτογραφιών.

Στατιστική επεξεργασία

Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA)

Για τον έλεγχο της σημαντικότητας της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών στους μέσους όρους των τιμών των ιδιοτήτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης

(ANOVA). Στις περιπτώσεις που παρατηρήθηκαν σημαντικές επιδράσεις των μεταβλητών εφαρμόστηκε το κριτήριο Duncan, για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων όρων των παραμέτρων. Όλες οι αναλύσεις διεξήχθησαν στο πρόγραμμα Statistica (Statistica Release 12, Statsoft Inc Tulsa, Ok, USA).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συνολική ποιότητα των αρτοσκευασμάτων είναι άρτια συνδεδεμένη με χημικές, βιοχημικές, φυσικές και δομικές αλλαγές (αυξομείωση όγκου, εξάτμιση του νερού, μετουσίωση πρωτεϊνών, σχηματισμός αρωματικών ουσιών), οι οποίες προκύπτουν κατά την διάρκεια του κλιβανισμού και επηρεάζονται άμεσα από παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία και ο χρόνος (Saric *et al.*, 2014).

Αποτελέσματα παραδοσιακού τσουρεκιού

Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων

Η υγρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζει την ποιότητα των αρτοσκευασμάτων και κατ' επέκταση τον όγκο και την απώλεια νερού στο τελικό προϊόν. Όπως αναγράφεται στον Πίνακα 7.1, αυξανόμενης της προσθήκης αλεύρου κάνναβης, παρατηρήθηκε πτώση της υγρασίας, τόσο στην κόρα όσο και στην ψίχα του τσουρεκιού. Αυτό συμβαίνει λόγω της μειωμένης περιεκτικότητας σε γλουτένη και της αύξησης των φυτικών ινών, αυξανόμενου του ποσοστού της κάνναβης, οδηγώντας σε ασταθέστερο πλέγμα της κόρας (Curti *et al.*, 2013). Η ενεργότητα ύδατος είναι ένας κύριος παράγοντας ευαισθησίας ενός προϊόντος σε μικροβιακή αλλοίωση. Όπως παρατηρείται δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων σε όλα τα ποσοστά προσθήκης αλεύρου κάνναβης. Όσον αφορά την απώλεια κατά το κλιβανισμό, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά με την σταδιακή αύξηση του αλεύρου κάνναβης. Στην έρευνα των Mikulec *et al.* (2019) για την παραγωγή άρτου με υποκατάσταση του αλεύρου σίτου με άλευρο κάνναβης δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση του αλεύρου κάνναβης στην απώλεια κατά τον κλιβανισμό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ

Αλεύρι κάνναβης (%)	Υγρασία (%)	Ενεργότητα ύδατος
Ψίχα		
0	28,90 ± 0,27 ^d	0,8808 ± 0,0042 ^a
10	28,22 ± 0,08 ^c	0,8718 ± 0,0041 ^a
30	27,22 ± 0,26 ^b	0,8587 ± 0,0079 ^a
50	24,56 ± 0,22 ^a	0,8658 ± 0,0019 ^a
Κόρα		
0	17,88 ± 0,18 ^d	0,7760 ± 0,0157 ^a
10	16,91 ± 0,03 ^c	0,7606 ± 0,0197 ^a
30	15,09 ± 0,12 ^b	0,7539 ± 0,0078 ^a
50	14,00 ± 0,06 ^a	0,7591 ± 0,0144 ^a
Αλεύρι κάνναβης (%)	Απώλεια κατά τον κλιβανισμό (%)	
0	7,71±0,03 ^a	
10	7,76±0,05 ^a	
30	8,01±0,12 ^a	
50	8,26±0,26 ^a	

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα χρώματος

Οι τιμές των παραμέτρων του χρώματος των δειγμάτων, τόσο της ψίχας όσο και της κόρας παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.2. Η παράμετρος L* (φωτεινότητα) μειώθηκε σημαντικά στην κόρα αλλά και στην ψίχα με την αύξηση του προστιθέμενου αλεύρου κάνναβης. Όσον αφορά την παράμετρο a* (κόκκινο) η τιμή της βρέθηκε θετική, γεγονός που υποδηλώνει την επικράτηση του κόκκινου χρώματος έναντι του πράσινου (J. Korus *et al.*, 2017). Επιπρόσθετα η αύξηση του αλεύρου κάνναβης επέφερε αύξηση της τιμής a* στην ψίχα και μείωση της στην κόρα. Όσον αφορά την παράμετρο b* (κίτρινο) βρέθηκε αντίστοιχα θετική για όλα τα δείγματα υποδηλώνοντας υπεροχή του κίτρινου χρώματος έναντι του μπλε (J. Korus *et al.*, 2017). Στην ψίχα παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής σε αντίθεση με την κόρα όπου παρατηρήθηκε μείωση της τιμής. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στην διαφορά χρώματος (ΔΕ) με την αύξηση της ποσότητας του αλεύρου κάνναβης. Η διαφορά χρώματος μεταξύ του δείγματος με 0% υποκατάσταση αλεύρου κάνναβης και δείγματος με 50% υποκατάσταση έγινε αντιληπτή με γυμνό μάτι. Τα αποτελέσματα συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της έρευνας των Rojic *et al.* (2015) στην οποία αντικατέστησαν αλεύρι σίτου με αλεύρι κάνναβης σε ποσοότητες 0%, 5%, 10%, 20% για την παρασκευή άρτου. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση στη φωτεινότητα (L*) τόσο στη ψίχα όσο και στη κόρα. Σύμφωνα με την έρευνα των Mikulec *et al.* (2019) αύξηση του αλεύρου κάνναβης επέφερε αύξηση της παραμέτρου a* στην ψίχα ενώ η παράμετρος b* μειώνεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ ΣΤΟ ΧΡΩΜΑ ΤΟΥ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ

Αλεύρι κάνναβης (%)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>ΔE</i>
Ψίχα				
0	72,83 ± 0,61 ^d	3,81 ± 0,19 ^b	3,81 ± 0,18 ^d	-
10	49,62 ± 1,08 ^c	4,77 ± 0,17 ^c	4,77 ± 0,17 ^c	23,43 ± 0,96 ^a
30	34,73 ± 1,12 ^b	5,78 ± 0,09 ^a	5,78 ± 0,09 ^b	39,30 ± 0,60 ^b
50	24,80 ± 0,74 ^a	5,77 ± 0,08 ^a	5,73 ± 0,10 ^a	49,67 ± 0,63 ^c
Κόρα				
0	34,01 ± 2,72 ^c	17,32 ± 0,89 ^d	20,72 ± 2,82 ^d	-
10	30,43 ± 2,56 ^b	13,50 ± 1,29 ^c	16,14 ± 1,93 ^c	5,980 ± 0,01 ^a
30	27,31 ± 2,56 ^a	9,010 ± 1,37 ^b	10,82 ± 3,39 ^b	11,35 ± 0,17 ^b
50	25,27 ± 1,64 ^a	6,640 ± 0,66 ^a	6,640 ± 0,66 ^a	21,03 ± 0,50 ^c

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα δομικών ιδιοτήτων

Τα αποτελέσματα των δομικών ιδιοτήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.3. Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης είχε σημαντική επίδραση στις δομικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα αυξάνοντας την ποσότητα του αλεύρου κάνναβης μειώνεται τόσο ο όγκος όσο και ο ειδικός όγκος. Παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στον όγκο σε όλα τα δείγματα. Είναι αποδεδειγμένο ότι η υψηλή περιεκτικότητα γλουτένης σε άλευρο σίτου ευνοεί την ανάπτυξη σταθερής δομής στο τελικό προϊόν, επομένως προσδίδει μεγαλύτερο όγκο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυξάνεται το ιξώδες του ζυμαριού κατά τον κλιβανισμό (Wilderjans *et al.*, 2008). Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης, πλούσιο σε φυτικές ίνες, πρωτεΐνες και έχοντας ως γνωστόν την απουσία γλουτένης, μειώνει την ικανότητα απορρόφησης του νερού και κατ' επέκταση την ικανότητα συγκράτησης των παραγόμενων αερίων κατά την διάρκεια του κλιβανισμού (Poji*ć *et al.*, 2015, Šottniková *et al.*, 2019). Παρόμοιες έρευνες των Mikulec *et al.* (2019) και των Bakare, Osundahunsi and Olusanya (2016) αποδεικνύουν την επιρροή της προσθήκης αλεύρου κάνναβης στον τελικό όγκο του άρτου, όπου πιο συγκεκριμένα άρτος με ποσοστό 30% και 50% χαρακτηρίζεται από σημαντικά μικρότερο όγκο, 1072 cm³ και 1048 cm³ αντίστοιχα, συγκριτικά με το αρχικό δείγμα. Ταυτόχρονη μείωση παρατίθεται και στον ειδικό όγκο με την προσθήκη κάνναβης σύμφωνα με τους Švec and Hrušková (2015), όπου οι τιμές του ειδικού όγκου κυμαίνονται από 2,42 cm³/g σε ποσοστό 5% προσθήκης κάνναβης έως 1,96 cm³/g σε ποσοστό προσθήκης 20%. Από τον Πίνακα 7.3 μπορεί να παρατηρηθεί ότι η φαινόμενη πυκνότητα του προϊόντος αυξάνεται, όσο αυξάνεται το ποσοστό της κάνναβης. Επομένως προσθήκη αλεύρου κάνναβης, υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες, σε αμυλούχα προϊόντα προκαλεί αύξηση της φαινόμενης πυκνότητας, όπως αναμένεται και από την βιβλιογραφία (Sacchetti *et al.*, 2004). Η πραγματική πυκνότητα ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ μάζας και όγκου του

δείγματος χωρίς να λαμβάνει υπόψιν τους πόρους στο δείγμα. Συνεπώς η μείωση του όγκου σε συνδυασμό με την διατήρηση της μάζας του τελικού προϊόντος, οδηγεί σε αύξηση της πραγματικής πυκνότητας (Boukouvalas *et al.*, 2006). Εξ ορισμού, αύξηση της φαινόμενης πυκνότητας προκαλεί μείωση του πορώδους. Παρόλα αυτά δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε ποσοστό 0%,10%,30% αντιθέτως μειώνεται σημαντικά κατά την προσθήκη σε ποσοστό 50%. Σε αντίστοιχες έρευνες των Jagelaviciute and Cizeikiene (2021) και των Stoin *et al.* (2012) παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης επέφερε μείωση του πορώδους, ως αποτέλεσμα χημικών διεργασιών στο ζυμάρι, με ταυτόχρονη μείωση του πρωτεϊνικού περιεχομένου, συγκεκριμένα μείωση της περιεκτικότητας σε γλουτένη και περαιτέρω λόγω της αύξησης της περιεκτικότητας σε διαιτητικές ίνες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ

Αλεύρι κάνναβης (%)	Όγκος (cm ³)	Ειδικός όγκος (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

Μέσες τιμές με διαφορετικό γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά στατιστικά ($P < 0,05$)

Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής

Τα χαρακτηριστικά της υφής του τσουρεκιού είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες ποιότητας, όσον αφορά την αποδοχή του προϊόντος από τους καταναλωτές (Setyaningsih *et al.*, 2019). Προϊόντα με υψηλό ποσοστό γλουτένης παρουσιάζουν χαμηλή τιμή σκληρότητας, συνεπώς το τελικό προϊόν είναι περισσότερο αφράτο (Curti *et al.*, 2014). Με την αύξηση του αλεύρου κάνναβης, η περιεχόμενη γλουτένη μειώθηκε και την ίδια στιγμή το τελικό προϊόν αποκτά πιο πυκνή δομή συνεπώς επέρχεται αύξηση της σκληρότητας του τελικού προϊόντος (Rojić *et al.*, 2015). Μέσω του Πίνακα 7.4 παρατηρείται στατιστικά σημαντικά διαφορά στην σκληρότητα μεταξύ των δειγμάτων. Η χαμηλότερη τιμή (4,880 N) αντιστοιχεί σε προϊόν με καθόλου υποκατάσταση σε αλεύρι κάνναβης ενώ η μεγαλύτερη τιμή (11,550 N) αντιστοιχεί σε προϊόν με 50% υποκατάσταση σε αλεύρι κάνναβης. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν σε έρευνα, στην οποία αλεύρι σίτου υποκαταστάθηκε από αλεύρι κάνναβης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Η σκληρότητα αυξήθηκε από 15,25 N σε 0% υποκατάσταση σε 20,09 N σε 30% υποκατάσταση (Mikulec *et al.*, 2019). Η συνεκτικότητα μειώθηκε σταδιακά από 0,629 σε 0,461 ενώ παρατηρήθηκε

σημαντική μείωση στην ελαστικότητα με τη προσθήκη 50% αλεύρου κάνναβης. Οι μεγαλύτερες τιμές όσον αφορά τη κολλητικότητα και τη μασητικότητα εμφανίστηκαν στα δείγματα με την μεγαλύτερη υποκατάσταση σε άλευρο κάνναβης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4 ΕΠΙΠΡΑΞΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΤΟΥ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ

Αλεύρι κάνναβης (%)	Σκληρότητα (N)	Συνεκτικότητα (ratio)	Ελαστικότητα (mm)	Κολλητικότητα (N)	Μασητικότητα (N*mm)
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

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για τον προσδιορισμό της φαινολικής περιεκτικότητας και των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων και των δύο πρώτων υλών (κάνναβη και αλεύρι σίτου). Το αλεύρι κάνναβης παρουσιάζει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, οι οποίες συμβάλουν θετικά στην υγεία ως πολύτιμα συμπληρώματα διατροφής (Rojić *et al.*, 2015). Τα αποτελέσματα της μέτρησης του ολικού φαινολικού περιεχομένου και της αντιοξειδωτικής δράσης παρατίθενται στον Πίνακα 7.5. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικό περιεχόμενο βρέθηκε στο αλεύρι κάνναβης (311.04 mg/100 g), ενώ η χαμηλότερη περιεκτικότητα παρατηρήθηκε στο αλεύρι σίτου (9.58 mg/100 g). Γαλλικό οξύ εμφανίζεται τόσο στο αλεύρι σίτου όσο και στο δείγμα με προσθήκη 0% αλεύρου κάνναβης μετά το κλιβανισμό, σε αντίθεση με τους Mikulec *et al* (2019) στους οποίους δεν παρατηρήθηκε γαλλικό οξύ στο άλευρο σίτου. Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 7.5 η αυξανόμενη προσθήκη αλεύρου κάνναβης οδήγησε σε αύξηση του συνολικού φαινολικού περιεχομένου (61.09 mg/100g - 205,13 mg/100g), λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε συνολικό φαινολικό περιεχόμενο στο αλεύρι κάνναβης Τα αποτελέσματα συμπίπτουν με τη μελέτη Mikulec *et al* (2019) που διεξήχθη σε άρτο, η οποία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης συμβάλλει στην αύξηση των ολικών φαινολικών. Όσον αφορά την αντιοξειδωτική δράση παρατηρείται επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, όπου η αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης, αυξάνει την αντιοξειδωτική δράση. Η υψηλότερη τιμή της αντιοξειδωτικής δράσης εμφανίζεται στο αλεύρι κάνναβης (73,32%), ενώ στο δείγμα με την προσθήκη σε ποσοστό 50% (35,12 %). Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τους Ertaş and Aslan (2020), όπου η προσθήκη αλεύρου κάνναβης αυξάνει την αντιοξειδωτική δράση, ενώ συγκριτικά με παρόμοιες μελέτες η αντιοξειδωτική δράση

αυξήθηκε με τον κλιβανισμό αποτέλεσμα της απελευθέρωσης φαινολικών κλασμάτων λόγω της θερμικής κατεργασίας και σχηματισμού νέων ουσιών με αντιοξειδωτική δράση από την αντίδραση Maillard (Carciochi, Galván D'Alessandro and Manrique, 2016). Σε μια άλλη μελέτη, οι Mikulec et al. (2019) δήλωσαν ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης συνέβαλε ανοιχτά στην ενίσχυση των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων των προϊόντων.

Πίνακας 7.5 Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και αντιοξειδωτική δράση τσουρεκιού παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης.

	<i>Αλεύρι σίτου</i>	<i>Αλεύρι κάνναβης</i>		
Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg/100g)	9,58± 0,04	311,04±2,03		
Αντιοξειδωτική δράση %	1,31±0,69	73,32±2,51		
	<i>Αρτοσκεύασμα</i>			
Αλεύρι κάνναβης (%)	<i>0</i>	<i>10</i>	<i>30</i>	<i>50</i>
Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg/100g)	61,09±4,69 ^a	115,39±5,86 ^b	136,95±0,59 ^c	205,13±0,29 ^d
Αντιοξειδωτική δράση %	7,73±2,10 ^a	11,44±0,29 ^b	24,93±0,62 ^c	35,12±2,01 ^d

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΕΙΡΑ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας

Για την μέτρηση των χαρακτηριστικών το λογισμικό βαθμονομήθηκε να μετατρέπει τα εικονοστοιχεία σε χιλιοστά (Esteller and Lannes, 2008). Η συμμετοχή του λογισμικού στην ερευνητική διαδικασία είναι σημαντική ωστόσο δεν υπάρχει επικρατούσα τεχνική για την αξιολόγηση λόγω της διαφοράς ανάμεσα στις μεθοδολογίες αλλά και τον τρόπο λήψης των φωτογραφιών (σαρωτής, κάμερα), το οποίο οδηγεί σε δυσκολία σύγκρισης μεταξύ των δημοσιευμένων αποτελεσμάτων (Farrera-Rebollo *et al.*, 2012). Τα αποτελέσματα των γεωμετρικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του τσουρεκιού παρατίθενται στον Πίνακα 7.6. Όσον αφορά το συνολικό τσουρέκι (φρατζόλα), η προσθήκη αλεύρου κάνναβης προκάλεσε σταδιακή μείωση του ύψους ενώ τα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (επιφάνεια, περίμετρος, μήκος, πλάτος) δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Εικ. 7.2, 7.3, 7.4). Σύμφωνα με τους Wilderjans *et al.* (2008) επιβεβαιώνεται ότι προϊόντα υψηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη εμφανίζουν μεγαλύτερο όγκο και κατ' επέκταση μεγαλύτερο ύψος ενώ προϊόντα πλούσια σε άμυλο εμφανίζουν ένα κολλώδες στρώμα το οποίο οδηγεί σε ασταθέστερο πλέγμα λόγω μείωσης της γλουτένης. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των πόρων, ο αριθμός των πόρων ανά cm² αυξήθηκε με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης, κάτι που συμβαδίζει με τα αποτελέσματα των Švec and Hrušková (2013). Το πορώδες είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζει την ποιότητα των αρτοσκευασμάτων και χαρακτηρίζει την δομή, τον όγκο και το βαθμό ευπεπτότητας

(Petrusha, Daschynska and Shulika, 2017). Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό αλεύρου κάρναβης μειώνεται το πορώδες (Εικ. 7.1). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το αλεύρι κάρναβης περιέχει μεγάλη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες και η περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες παρόλο που είναι υψηλή δεν είναι ικανή να συγκρατήσει το πλέγμα και τα παραγόμενα αέρια κατά τον κλιβανισμό (Mikulec *et al.*, 2019). Όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πόρων παρατηρήθηκε μείωση της επιφάνειας του εκάστοτε πόρου ($0.905 \text{ mm}^2 - 0.470 \text{ mm}^2$), όπως και της διαμέτρου με την προσθήκη του αλεύρου κάρναβης. Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Rojić *et al.* (2015), όπου η επιφάνεια των πόρων μειώθηκε από $0,68 \text{ (mm}^2\text{)}$ έως $0,37 \text{ (mm}^2\text{)}$, σε ποσοστό 0% και 20% αντίστοιχα. Όσον αφορά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων η αναλογία απεικόνισης (*aspect ratio*), δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά, με την αύξηση της περιεκτικότητας σε αλεύρι κάρναβης. Σχετικά με την στρογγυλότητα των πόρων, παρατηρήθηκε μείωση, δηλαδή καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα σε αλεύρι κάρναβης, οι πόροι τείνουν να διαφοροποιούνται από το κυκλικό τους σχήμα. Όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της φέτας παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο στην επιφάνεια, όσο και στην περίμετρο της φέτας με την αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάρναβης. Η διαφορά αυτή, βασίζεται όπως έχει προαναφερθεί στην μείωση του όγκου και κατ' επέκταση στην μείωση του ύψους. Στα μορφολογικά χαρακτηριστικά της φέτας διακρίνουμε τους όρους “margination” (περιθωριοποίηση) και “clumpiness”. Όσον αφορά το margination παρατηρήθηκε μία αυξητική τάση κατά την αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάρναβης, τείνοντας οι τιμές στην τιμή 0,33, στην οποία επιτυγχάνεται και η μέγιστη ομοιογένεια σε ένα αντικείμενο. Το προϊόν με την καλύτερη ομοιογένεια των πόρων στην φέτα είναι το τσουρέκι με την 30% υποκατάσταση. Ο όρος clumpiness υποδηλώνει τον συνωστισμό των πόρων σε μια φέτα. Από τον πίνακα παρατηρείται ότι οι τιμές έχουν μια πτωτική τάση καθώς αυξάνεται η ποσότητα του αλεύρου κάρναβης.

Πίνακας 7.6 Γεωμετρικές και μορφολογικές ιδιότητες του τσουρεκιού με διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης που εκτιμάται από το πρόγραμμα Image Pro-Plus.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τσουρεκιού						
Αλεύρι κάνναβης (%)	Thickness (mm)	Surface area (mm²)	Surface perimeter (mm)	Length (mm)	Width (mm)	
0	69,03±5,71 ^b	25828,10±577,69 ^a	787,72±16,12 ^a	277,69±1,72 ^b	94,08±1,62 ^b	
10	67,23±5,12 ^{ab}	25808,93±478,10 ^a	767,11±24,86 ^a	273,96±4,27 ^a	92,49±1,82 ^b	
30	64,38±7,94 ^a	25374,90±198,28 ^{ab}	807,41±45,06 ^a	275,41±1,95 ^a	93,27±1,12 ^{ab}	
50	58,56±5,46 ^c	24765,75±234,68 ^b	768,57±53,88 ^a	273,54±2,36 ^a	92,45±1,44 ^a	
Χαρακτηριστικά των πόρων						
Αλεύρι κάνναβης (%)	Number of cells/cm²	Total cell area/ total measured area (%)	Single pore area (mm²)	Aspect ratio	Roundness	Diameter (mm)
0	32,5±4,9 ^b	43,47±44,80 ^c	0,905±0,043 ^c	2,005±0,792 ^a	2,435±4,878 ^a	0,657±1,147 ^c
10	47,5±2,1 ^a	40,94±39,74 ^b	0,696±0,051 ^b	1,994±0,763 ^a	2,565±3,932 ^c	0,594±0,644 ^b
30	47,5±3,5 ^a	27,38±26,15 ^a	0,502±0,022 ^a	2,026±0,774 ^b	2,363±1,881 ^a	0,571±0,534 ^a
50	41,0±2,8 ^{ab}	23,15±23,09 ^a	0,470±0,021 ^a	2,008±0,773 ^a	1,977±1,119 ^b	0,582±0,466 ^{ab}
Cross Section Characteristics						
Αλεύρι κάνναβης (%)	Area (mm²)	Perimeter (mm)	Margination	Clumpiness		
0	6058,68±240,48 ^d	376,54±27,70 ^c	0,282±0,004 ^a	0,659±0,018 ^c		
10	5258,22±300,71 ^c	351,37±19,67 ^b	0,308±0,010 ^b	0,487±0,019 ^b		
30	4846,67±121,50 ^b	343,40±17,08 ^{ab}	0,329±0,009 ^c	0,419±0,024 ^a		
50	4533,40±247,21 ^a	331,52±23,60 ^a	0,349±0,012 ^d	0,406±0,025 ^a		

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)



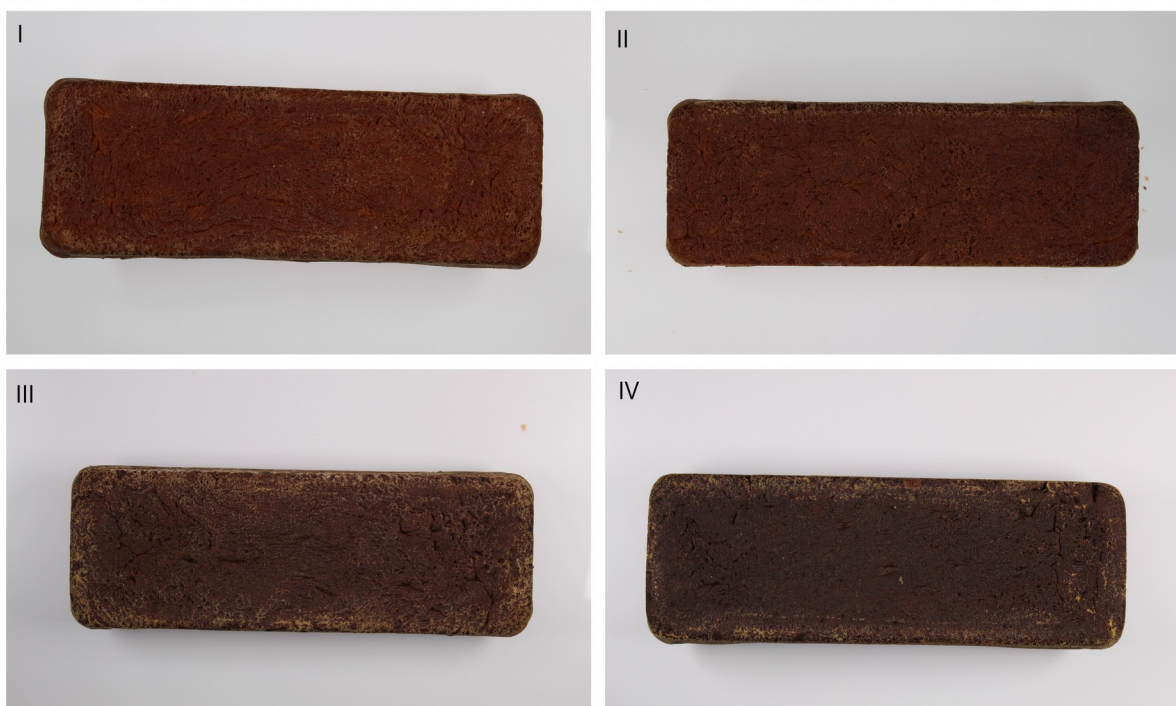
ΕΙΚΟΝΑ 7.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΨΙΧΑΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (I-0% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, II-10% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, III-30% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, IV-50% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)



ΕΙΚΟΝΑ 7.2 ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΗ ΘΨΗ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (I-0% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, II-10% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, III-30% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, IV-50% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)



7.3 ΠΛΑΓΙΑ ΨΗ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (I-0% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, II-10% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, III-30% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, IV-50% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)

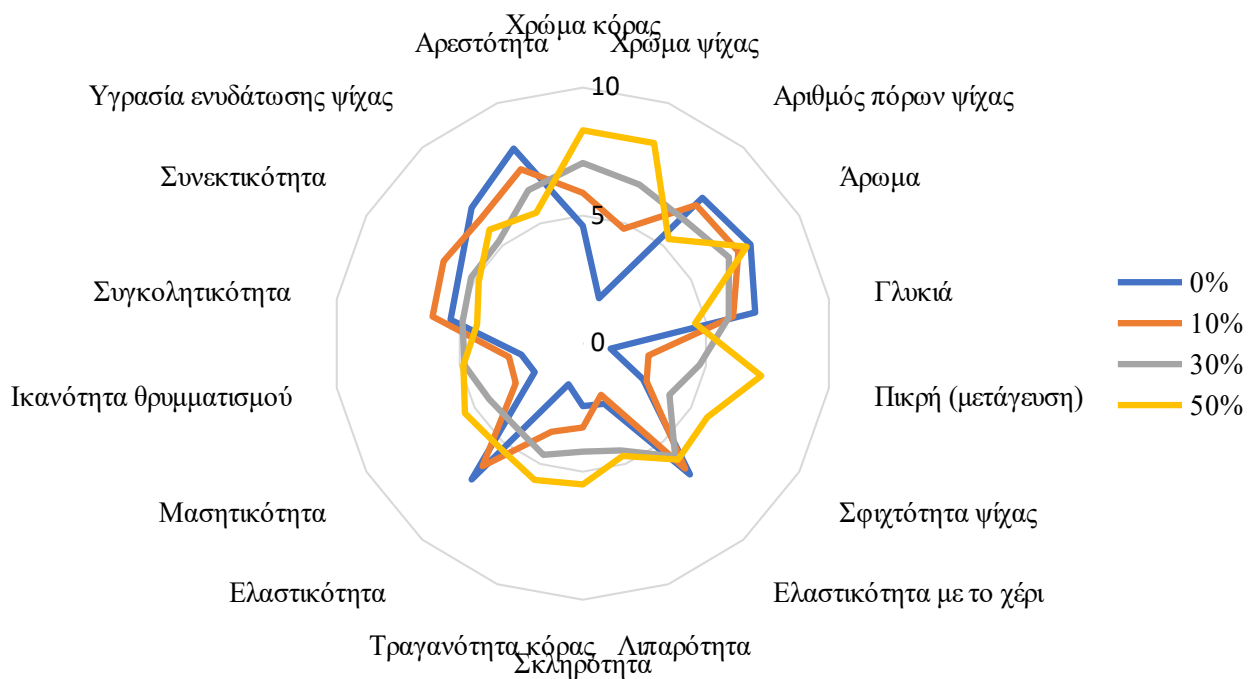


ΕΙΚΟΝΑ 7.4 ΚΑΤΩ ΨΗ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (I-0% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, II-10% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, III-30% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, IV-50% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)

Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης

Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης παρατίθενται στον Πίνακα 7.7 και στο Σχήμα 7.1. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της εμφάνισης, η προσθήκη αλεύρου κάνναβης αυξάνει τον βαθμό σκουρότητας του χρώματος. Παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο στο χρώμα της κόρας, όσο και στο χρώμα της ψίχας. Τα δεδομένα είναι ανάλογα με τα αποτελέσματα από την μέτρηση του χρώματος με το χρωματόμετρο, όπου αυξανόμενου του ποσοστού κάνναβης μειώνεται η παράμετρος L^* (φωτεινότητα). Η προσθήκη του αλεύρου κάνναβης, επιπλέον, ελαττώνει τον αριθμό των πόρων της ψίχας. Όσον αφορά το άρωμα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, επομένως η προσθήκη κάνναβης δεν επηρεάζει το έντονο άρωμα, το οποίο προέρχεται από την προσθήκη των αρωματικών στοιχείων. Όσον αφορά την γεύση, η προσθήκη αλεύρου κάνναβης προκαλεί μείωση της γλυκύτητας. Από τον Πίνακα 7.7 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων 0% και 50% με τιμές γλυκύτητας 7,00 και 4,60 αντίστοιχα. Η μείωση της γλυκύτητας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αύξηση της πικρής μετάγευσης. Με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, παρά το γεγονός ότι η ποσότητα της ζάχαρης παρέμεινε σταθερή σε όλα τα δείγματα. Όσον αφορά την υφή με το χέρι, η σφιχτότητα της ψίχας αυξάνεται με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης με την υψηλότερη τιμή να εμφανίζεται σε ποσοστό 50%. Όσον αφορά την ελαστικότητα με το χέρι δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων σε ποσοστό προσθήκης κάνναβης 0%-10% και 30%-50% αντίστοιχα. Η λιπαρότητα αυξήθηκε με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε ποσοστό 30% και 50%, λόγω της ύπαρξης ελαίου στο αλεύρι κάνναβης. Όσον αφορά την υφή με το στόμα, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο στην σκληρότητα όσο και στην τραγανότητα της κόρας και την μασητικότητα με την αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης. Τα αποτελέσματα συμβαδίζουν με τις μετρήσεις που ελήφθησαν από τον αναλυτή υφής. Η ελαστικότητα της ψίχας μειώνεται με την αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης σε ποσοστό 30% και 50%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυξάνεται η σκληρότητα λόγω της πυκνότερης δομής του τελικού προϊόντος. Η ικανότητα θρυμματισμού δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων σε ποσοστό προσθήκης κάνναβης 0%-10% και 30%-50% αντίστοιχα. Όσον αφορά την συνεκτικότητα και την συγκολλητικότητα της ψίχας δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της μέτρησης του αναλυτή υφής που τα δείγματα παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά την προσθήκη του αλεύρου κάνναβης. Όσον αφορά την υγρασία ενυδάτωσης της ψίχας

παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά σε ποσοστό 0% συγκριτικά με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε ποσοστό 30% και 50%. Παρατηρείται μείωση στην αποδοχή του προϊόντος πιθανά λόγω της αύξησης της πικρής μετάγευσης, κατά την αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης. Τα δείγματα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Η συνολική αρέσκεια των δειγμάτων με προσθήκη αλεύρου κάνναβης 0%, 10% και 30% εμφανίζει τιμή μεγαλύτερη του 6. Κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση δείγματα που λαμβάνουν τιμές για την συνολική αξιολόγηση τους μεγαλύτερες από 6, θεωρούνται αποδεκτά (Lazou, Krokida and Tzia, 2010). Τα δείγματα αυτά χαρακτηρίζονται από μαλακή και αφρώδη δομή, καλή ελαστικότητα, ομοιόμορφη κατανομή πόρων και πλούσιο άρωμα. Παρόμοιες έρευνες όπως των Apostol, Pora and Mustatea (2015), στις οποίες αναφέρεται ότι η προσθήκη κάνναβης σε ποσοστό μικρότερο και ίσο του 10% επιφέρει θετικές οργανοληπτικές αλλαγές ενώ σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20% οδηγεί σε μείωση της γευστικής αποδοχής του τελικού προϊόντος. Αυτό υπόκειται στο γεγονός ότι η αυξανόμενη προσθήκη αλεύρου κάνναβης επιφέρει έντονη πικρή μετάγευση (Korus *et al.*, 2017, Rejcz, Mularczyk and Gil, 2015).



ΣΧΗΜΑ 7.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ ΣΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ

Πίνακας 7.7 Οργανοληπτική αξιολόγηση αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Χαρακτηριστικό	Αλεύρι κάνναβης (%)			
	0	10	30	50
Εμφάνιση				
Χρώμα κόρας	4,40±0,52 ^a	5,60±0,52 ^b	7,05±0,60 ^c	8,40±0,52 ^d
Χρώμα ψίχας	1,90±0,32 ^a	4,60±0,70 ^b	6,70±0,70 ^c	8,40±0,50 ^d
Αριθμός πόρων ψίχας	7,39±0,60 ^a	6,70±0,70 ^b	6,50±0,60 ^{bc}	6,00±0,60 ^c
Οσμή				
Αρωμα Γεύση-οσμή	7,79±0,57 ^a	7,50±0,60 ^{ab}	6,90±0,60 ^b	6,90±0,60 ^b
Γλυκιά	7,00±0,56 ^a	6,30±0,50 ^b	5,90±0,70 ^b	4,60±0,60 ^c
Πικρή (μετάγευση) Υφή με το χέρι	1,22±0,44 ^a	2,60±0,50 ^b	4,60±0,90 ^c	7,30±0,50 ^d
Σφιχτότητα ψίχας	2,70±0,82 ^a	3,10±0,80 ^a	4,60±0,70 ^b	6,10±0,80 ^c
Ελαστικότητα με το χέρι	6,71±0,95 ^a	6,80±0,70 ^a	5,90±0,80 ^b	5,60±0,60 ^b
Λιπαρότητα Υφή με το στόμα	2,33±0,71 ^a	2,60±0,50 ^a	4,50±0,50 ^b	5,20±0,70 ^c
Σκληρότητα	2,20±0,79 ^a	3,30±0,70 ^b	4,20±0,50 ^c	5,70±0,60 ^d
Τραγανότητα κόρας	1,72±0,57 ^a	3,90±0,90 ^b	4,90±0,60 ^c	6,00±0,80 ^d
Ελαστικότητα	7,06±0,86 ^a	6,80±0,50 ^a	5,60±0,60 ^c	4,70±0,60 ^b
Μασητικότητα	2,00±0,82 ^a	3,00±0,70 ^b	4,70±0,70 ^c	5,60±0,70 ^d
Ικανότητα θρυμματισμού	2,33±0,71 ^a	2,80±0,80 ^a	4,80±0,70 ^b	4,90±0,70 ^b
Συγκολλητικότητα	5,50±0,76 ^{ab}	5,80±0,80 ^a	4,90±0,70 ^{bc}	4,40±0,70 ^c
Συνεκτικότητα	5,61±0,86 ^b	6,40±0,80 ^a	4,90±0,90 ^b	5,40±0,70 ^b
Υγρασία ενυδάτωσης ψίχας	6,81±0,75 ^a	6,10±0,80 ^{ab}	6,00±0,80 ^b	5,90±0,70 ^b
Ολική αρέσκεια	8,10±0,61 ^a	7,20±0,50 ^b	6,30±0,90 ^c	4,90±0,70 ^d

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΕΙΡΑ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα ισόθερμων ροφήσεως

Τα αποτελέσματα των τιμών των παραμέτρων του προτύπου GAB παρατίθενται στους Πίνακες 7.8, 7.9, 7.10, για θερμοκρασίες 25, 35 και 45°C, αντίστοιχα. Η προτυποποίηση έγινε τόσο για την ψίχα όσο και για την κόρα των τσουρεκιών. Οι ισόθερμες ροφήσεως παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.2. Παρατηρήθηκε ότι οι ισόθερμες των τσουρεκιών όλων των τυποποιήσεων έχουν τη χαρακτηριστική σιγμοειδή μορφή. Ο συντελεστής προσδιορισμού R² είναι ένα στατιστικό μέτρο για το πόσο στενά σχετίζονται δύο μεταβλητές. Οι τιμές του

κυμαίνονται από 0 έως 1 και αντικατοπτρίζει την έκταση της γραμμικής σχέσης μεταξύ δύο συνόλων δεδομένων (Basu, Shivhare and Mujumdar, 2006). Το C ορίζεται ως ο λόγος της συνάρτησης του πρώτου μορίου που προσροφώνται πέρα από το πρώτο μόριο στην πολυστιβάδα. Η παράμετρος C αποτελεί μέτρο της δύναμης που συνδέεται το νερό στις αρχικές θέσεις σύνδεσης. Όσο μεγαλύτερο είναι το C, τόσο ισχυρότερα είναι το νερό συνδεδεμένο στη μονομοριακή στιβάδα και τόσο μεγαλύτερη η διαφορά στην ενθαλπία μεταξύ των μορίων της μονομοριακής στιβάδας και αυτών της πολυστιβάδας. Η παράμετρος K ορίζεται ως ο λόγος της χαρακτηριστικής συνάρτησης των μορίων του κύριου όγκου του νερού και της χαρακτηριστικής συνάρτησης των μορίων που είναι προσροφημένα στην πολυστιβάδα. Το K ονομάζεται παράγοντας διόρθωσης αφού διορθώνει τις ιδιότητες των μορίων της πολυστιβάδας σε σχέση με αυτές του κύριου όγκου του νερού. Όταν το K προσεγγίζει την τιμή 1, σχεδόν δεν υπάρχει καμία διάκριση μεταξύ των μορίων της πολυστιβάδας και των μορίων του νερού. Σε αυτήν την περίπτωση τα μόρια του νερού πάνω από την μονομοριακή στιβάδα είναι δομημένα στην πολυστιβάδα αλλά έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα μόρια του κύριου όγκου του νερού. Όσο περισσότερο δομημένα είναι τα προσροφημένα μόρια στην πολυστιβάδα, τόσο χαμηλότερη είναι η τιμή του K (Quirijns *et al.*, 2005, Lazou and Krokida, 2011).

Είναι σαφές ότι τόσο η a_w όσο και οι ισόθερμες εξαρτώνται από την θερμοκρασία. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η περιεκτικότητα υγρασίας ισορροπίας μειώνεται σε κάθε a_w . Σε χαμηλές δραστηριότητες νερού θεωρείται ότι εντοπίζεται φυσική απορρόφηση, η οποία ακολουθείται από προσρόφηση πολλών στιβάδων. Στην φάση αυτή το νερό διατηρείται στο στερεό πλέγμα με τριχοειδή συμπύκνωση. Σε υψηλότερες δραστηριότητες νερού, το νερό είναι πλέον ευκίνητο και έχει χαρακτηριστικά του καθαρού νερού (καταψύξιμο, διαθέσιμο ως διαλύτης, εύκολη επιτέλεση αντιδράσεων και μικροβιακή ανάπτυξη) (Lazos E. & Lazou A., 2016a, Lewicki, 1997).

Γενικά από τις τιμές των παραμέτρων του προτύπου GAB για τα αρτοσκευάσματα, είναι φανερό ότι η μονοστιβάδα έχει διαφορετικές ιδιότητες από ότι η πολυστιβάδα και ότι η πολυστιβάδα συμπεριφέρεται παρόμοια με τον χονδρικό ή κύριο όγκο νερού. Αυτό προκύπτει καθώς η τιμή της παραμέτρου K προσεγγίζει την τιμή 1, το οποίο έρχεται σε συμφωνία με αρκετές έρευνες και συγκεκριμένα με την έρευνα των Lazou and Krokida (2011).

Πίνακας 7.8 Αποτελέσματα παλινδρόμησης του μοντέλου GAB στους 25°C του τσουρεκιού παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Αλεύρι κάνναβης (%)	C	K	Xm	R ²
Ψίχα				
0	16,31±5,49	0,84±0,01	7,77±0,41	0,998
10	13,68±4,28	0,87±0,01	7,81±0,40	0,998
30	16,95±7,41	0,87±0,01	7,87±0,45	0,996
50	16,61±7,06	0,90±0,01	7,69±0,39	0,998
Κόρα				
0	23,25±7,48	0,93±0,00	5,98±0,16	1,000
10	20,68±7,75	0,92±0,01	6,20±0,25	0,998
30	20,10±8,20	0,92±0,01	6,20±0,28	0,999
50	16,72±5,86	0,89±0,04	6,65±0,55	0,994

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Πίνακας 7.9 Αποτελέσματα παλινδρόμησης του μοντέλου GAB στους 35°C του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Αλεύρι κάνναβης (%)	C	K	Xm	R ²
Ψίχα				
0	24,11±7,01	0,92±0,00	5,49±0,14	0,999
10	24,31±7,26	0,91±0,00	5,72±0,16	0,999
30	43,03±13,87	0,92±0,00	5,56±0,11	0,999
50	9,16±4,04	0,9±0,01	6,53±0,43	0,998
Κόρα				
0	18,39±3,93	0,92±0,00	4,94±0,11	1,000
10	51,44±22,39	0,93±0,00	4,66±0,10	0,999
30	34,44±13,87	0,92±0,00	4,91±0,14	0,999
50	40,11±11,10	0,92±0,00	4,93±0,09	1,000

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

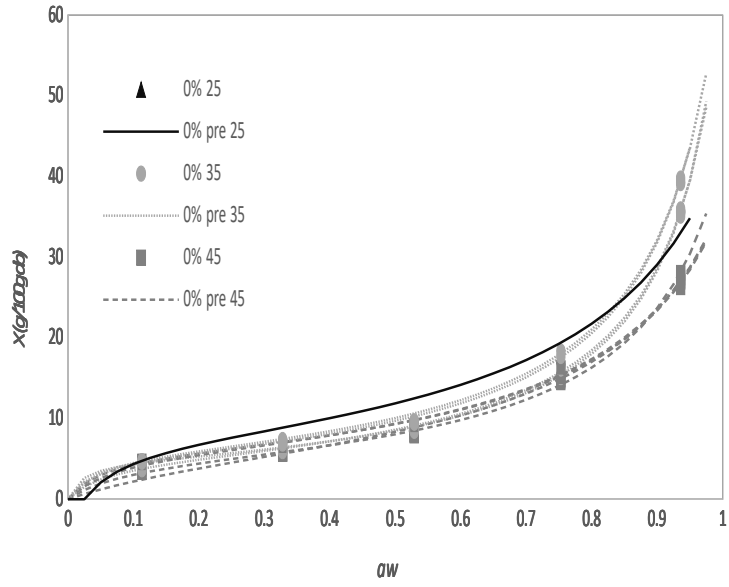
Πίνακας 7.10 Αποτελέσματα παλινδρόμησης του μοντέλου GAB στους 45°C του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Αλεύρι κάνναβης (%)	C	K	Xm	R ²
Ψίχα				
0	17,13±7,1	0,84±0,01	5,85±0,36	0,997
10	22,87±4,67	0,84±0,01	5,70±0,14	1,000
30	10,68±4,25	0,88±0,01	5,33±0,35	0,999
50	16,85±6,91	0,85±0,01	5,95±0,32	0,999
Κόρα				
0	5,31±2,05	0,84±0,02	6,11±0,64	0,998
10	13,08±3,47	0,89±0,01	4,91±0,17	0,999
30	9,39±3,99	0,84±0,02	5,24±0,48	0,996
50	17,87±5,77	0,85±0,01	4,90±0,22	0,999

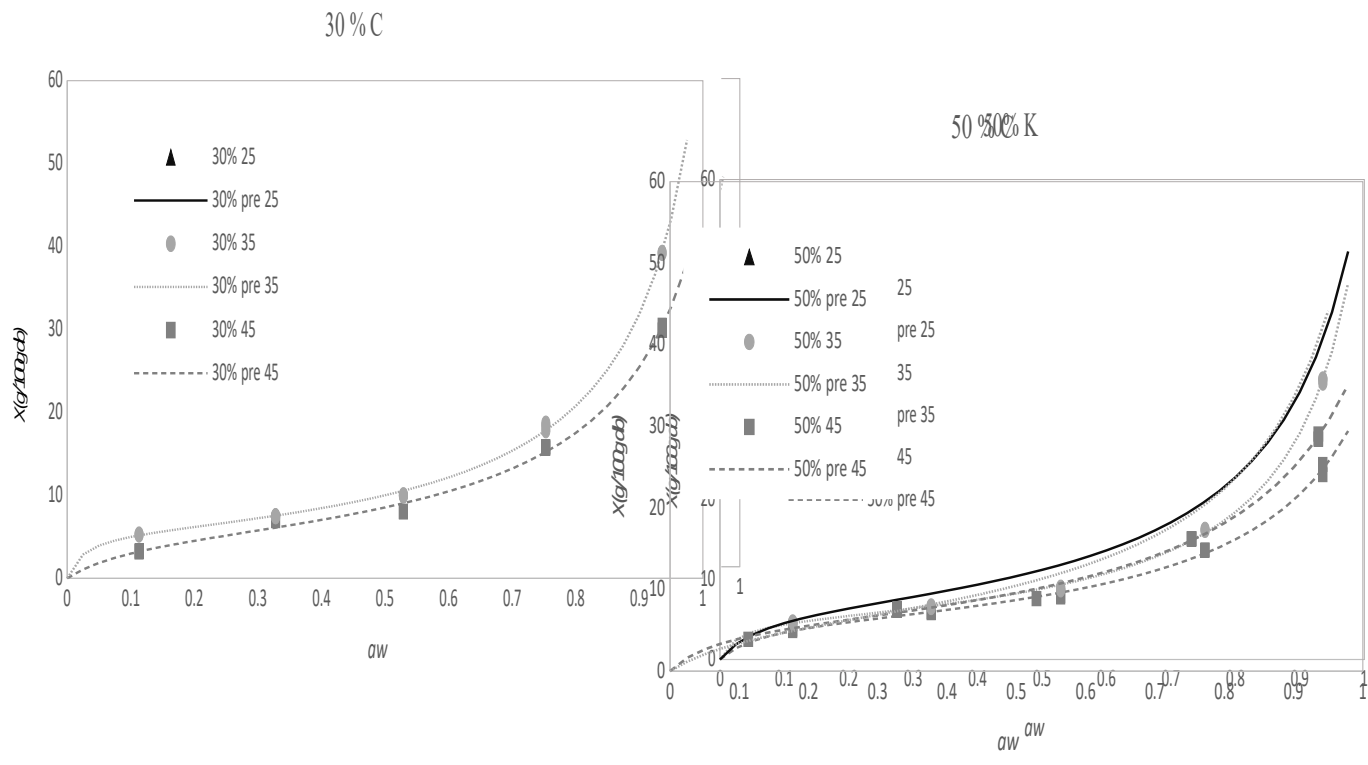
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

100%R



Σχήμα 7.2.a Ισόθερμες ροφήσεως του τσουρεκιού παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάρναβης (Πρότυπο GAB) (Όπου C: ψίχα του τσουρεκιού, K: κόρα του τσουρεκιού).



[77]
ΣΧΗΜΑ 7.2.β ΙΣΟΘΕΡΜΕΣ ΡΟΦΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (ΠΡΟΤΥΠΟ GAB) (ΟΠΟΥ C: ΨΙΧΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ, Κ: ΚΟΡΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ).

Αποτελέσματα χορτοφαγικών τσουρεκιών

Κατά την παρασκευή τόσο του παραδοσιακού τσουρεκιού όσο και του χορτοφαγικού υπάρχει ένας κοινός στόχος, να επιτευχθεί ο σωστός κλιβανισμός ενός γλυκού ζυμαριού που φουσκώνει μέσω του παγιδευμένου CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα) και οδηγεί σε μία μαλακή και αφρώδη δομή. Αυτό επιτυγχάνεται με την σωστή επιλογή και αντικατάσταση των συστατικών, τα οποία θα επιφέρουν παρόμοιες ιδιότητες στο τελικό προϊόν.

Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων

Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών ιδιοτήτων αναγράφονται στον Πίνακα 7.11. Όσον αφορά την υγρασία, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική πτώση τόσο στην ψίχα όσο και στην κόρα με την αύξηση του ποσοστού του αλεύρου κάνναβης. Ο πουρές μήλου είναι πλούσια πηγή σακχάρων και φυτικών ινών, με ένα μεγάλο ποσοστό να αποτελείται από διαλυτές φυτικές ίνες που συγκαταλέγονται στις πηκτίνες (WANG and THOMAS, 1989). Τα σάκχαρα και κυρίως οι πολυσακχαρίτες με μεγάλο μοριακό βάρος δεσμεύουν νερό δημιουργώντας καλή δομή στα προϊόντα αρτοποιίας (Agrahar-Murugkar *et al.*, 2016). Η μείωση της περιεχόμενης υγρασίας προκλήθηκε λόγω της αύξησης των φυτικών ινών τόσο από το άλευρο κάνναβης όσο και από τον πουρέ μήλου και της μείωσης της περιεκτικότητας της γλουτένης καθώς αυξάνεται η προσθήκη αλεύρου κάνναβης όπως έχει προαναφερθεί. Σε παρόμοιες έρευνες στις οποίες γίνεται αντικατάσταση αυγού με ζωμό ρεβιθιού παρατηρείται μείωση της περιεχόμενης υγρασίας (Mustafa *et al.*, 2018). Όσον αφορά την ενεργότητα ύδατος, παρατηρήθηκε πτώση τόσο στην ψίχα όσο και στην κόρα. Όσον αφορά την απώλεια ψησίματος, παρατηρήθηκε μικρή ελάττωσή της, δίχως στατιστικά σημαντική διαφορά κατά την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν σε έρευνα όπου η αντικατάσταση αυγών με απομονωμένες πρωτεΐνες ορού γάλακτος σε κέικ σε ποσοστά 12,5% , 25% και 50% δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά (Díaz-Ramírez *et al.*, 2016).

Πίνακας 7.11 Φυσικοχημικές ιδιότητες του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάρναβης

Αλεύρι κάρναβης (%)	Υγρασία (%)	Ενεργότητα ύδατος
Ψίχα		
0	30,46±0,11 ^a	0,8912±0,0003 ^b
10	28,86±0,14 ^b	0,8897±0,0012 ^{ab}
30	27,96±0,25 ^c	0,8874±0,0018 ^a
50	27,30±0,07 ^d	0,8816±0,0003 ^c
Κόρα		
0	18,82±0,06 ^a	0,8066±0,0005 ^a
10	17,73±0,02 ^b	0,7717±0,0074 ^b
30	16,37±0,39 ^c	0,7565±0,0047 ^a
50	15,44±0,15 ^d	0,7490±0,0101 ^a

Αλεύρι κάρναβης (%)	Απώλεια ψησίματος (%)
0	9,91±0,13 ^b
10	8,96±0,14 ^a
30	9,05±0,08 ^a
50	8,90±0,16 ^a

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα χρώματος χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Οι τιμές των παραμέτρων του χρώματος των δειγμάτων, τόσο της ψίχας όσο και της κόρας παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.12. Το προστιθέμενο αλεύρι κάρναβης, που έχει εκ φύσεως σκούρο χρώμα, σε συνδυασμό με τον πουρέ μήλου οδήγησαν σε τελικό προϊόν με σκουρότερη ψίχα. Η αντίδραση Maillard, η αλληλεπίδραση μεταξύ αναγωγικών σακχάρων και αμινοξέων και οι αντιδράσεις καραμελοποίησης των σακχάρων καθορίζουν μόνο το χρώμα της κόρας (Hedayati and Mazaheri Tehrani, 2018) αφού η εσωτερική θερμοκρασία του τσουρεκιού δεν είναι υψηλή για την παρουσία των προαναφερθέντων αντιδράσεων. Συνεπώς τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την σύνθεση του χορτοφαγικού τσουρεκιού επηρεάζουν το χρώμα της ψίχας (ASLAN and ERTAŞ, 2020). Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε τόσο στην παράμετρο L* (φωτεινότητα) της ψίχας όσο και της κόρας με την αύξηση του προστιθέμενου αλεύρου κάρναβης. Όσον αφορά την παράμετρο a* (κόκκινο) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ψίχα αλλά και στην κόρα. Θετική τιμή υποδεικνύει την επικράτηση του κόκκινου χρώματος έναντι του πράσινου (J. Korus *et al.*, 2017). Η αύξηση του αλεύρου κάρναβης επέφερε αύξηση της τιμής a* στην ψίχα ενώ πτώση της παρατηρήθηκε στην κόρα. Όσον αφορά την παράμετρο b* (κίτρινο) παρατηρήθηκε αντίστοιχα στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο στις τιμές της ψίχας όσο και στις τιμές της κόρας. Παράλληλα όλες οι τιμές έχουν θετικό πρόσημο για όλα τα δείγματα υποδηλώνοντας υπεροχή του κίτρινου χρώματος έναντι του μπλε (J. Korus *et al.*,

2017). Σε αντίθεση με την παράμετρο a^* , παρατηρήθηκε ταυτόχρονη μείωση στις τιμές της παραμέτρου b^* τόσο στη ψίχα όσο και στην κόρα με την αύξηση της προσθήκης του αλεύρου κάρναβης. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στην διαφορά χρώματος (ΔE) με την αύξηση της ποσότητας του αλεύρου κάρναβης τόσο στην ψίχα όσο και στην κόρα, υποδηλώνοντας ότι η διαφορά χρώματος γίνεται αντιληπτή και με γυμνό μάτι. Τα αποτελέσματα συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της έρευνας των Rojic et al. (2015), στην οποία αντικατέστησαν αλεύρι σίτου με αλεύρι κάρναβης σε ποσοότητες 5%, 10% και 20% για την παρασκευή άρτου. Παρατηρήθηκε μείωση της φωτεινότητας τόσο στην ψίχα (56,92 – 37,87) όσο και στην κόρα (71,58 – 36,94). Επιπλέον η παράμετρος a^* μειώθηκε στην κόρα (12,10 – 4,83) και αυξήθηκε στην ψίχα (-0,73 – 2,77). Όσον αφορά την παράμετρο b^* , παρατηρήθηκε μείωση τόσο στην κόρα (30,86 – 11,31) όσο και στην ψίχα (18,61 – 11,19).

Πίνακας 7.12 Επίδραση της προσθήκης αλεύρου κάρναβης στο χρώμα του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάρναβης

Αλεύρι κάρναβης (%)	L^*	a^*	b^*	ΔE
Ψίχα				
0	70,12±0,94 ^a	4,02±0,17 ^a	25,93±0,48 ^a	-
10	50,38±0,91 ^b	4,87±0,15 ^b	23,47±0,45 ^b	19,90±0,85 ^a
30	33,49±0,88 ^c	5,94±0,13 ^c	20,59±0,54 ^c	37,09±0,90 ^b
50	24,61±1,43 ^d	6,17±0,12 ^d	16,85±0,39 ^d	46,44±1,43 ^c
Κόρα				
0	40,52±0,51 ^a	17,75±0,46 ^a	25,36±0,23 ^a	-
10	38,73±0,62 ^b	13,55±0,35 ^b	22,94±0,55 ^b	4,48±0,43 ^a
30	30,00±0,25 ^c	8,88±0,18 ^c	11,52±0,43 ^c	18,69±0,45 ^b
50	25,56±0,42 ^d	5,99±0,23 ^d	7,56±0,15 ^d	25,83±0,48 ^c

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα δομικών ιδιοτήτων χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Τα αποτελέσματα των δομικών ιδιοτήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.13. Η προσθήκη αλεύρου κάρναβης είχε σημαντική επίδραση στις δομικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα αυξάνοντας την ποσότητα του αλεύρου κάρναβης μειώνεται τόσο ο όγκος όσο και ο ειδικός όγκος. Όσον αφορά τον όγκο παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά σε όλα τα δείγματα. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι αυξανόμενου του ποσοστού της προσθήκης κάρναβης επέρχεται μείωση στην περιεχόμενη γλουτένη και ταυτόχρονη αύξηση των φυτικών ινών, οι οποίες προέρχονται τόσο από το πουρέ μήλου όσο και από το αλεύρι κάρναβης (WANG and THOMAS, 1989). Οι τροποποιήσεις αυτές οδηγούν σε ασταθέστερο πλέγμα γλουτένης με αποτέλεσμα τον μειωμένο όγκο στο τελικό προϊόν (Rojic et al., 2015). Σε παρόμοιες έρευνες που υπήρχε απουσία αυγών και ταυτόχρονη αύξηση των φυτικών ινών παρατηρήθηκε εξίσου μείωση του τελικού όγκου (Stavale, Botelho and Zandonadi, 2019). Ταυτόχρονη μείωση παρατίθεται και στον ειδικό όγκο με την προσθήκη

αλεύρου κάρναβης σύμφωνα με τους Švec and Hrušková (2015), όπου οι τιμές του ειδικού όγκου κυμαίνονται από 2,42 cm³/g σε ποσοστό 5% προσθήκης κάρναβης έως 1,96 cm³/g σε ποσοστό προσθήκης 20%. Όσον αφορά την φαινόμενη πυκνότητα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δείγματα με ποσοστό υποκατάστασης 30% και 50% σε αντίθεση με τα δείγματα με ποσοστό υποκατάστασης 0% και 10%. Αντίστοιχα αποτελέσματα ελήφθησαν και για την πραγματική πυκνότητα όπου παρατηρήθηκε αύξηση της με την αύξηση του προστιθέμενου αλεύρου κάρναβης. Όσον αφορά το πορώδες, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων με υποκατάσταση αλεύρου κάρναβης 0% και 50%. Εξ ορισμού, αύξηση της φαινόμενης πυκνότητας προκαλεί μείωση του πορώδους, το οποίο συμφωνεί με τα πειραματικά δεδομένα.

Πίνακας 7,14 Επίδραση της προσθήκης αλεύρου κάρναβης στα δομικά χαρακτηριστικά του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάρναβης

Αλεύρι κάρναβης (%)	Όγκος (cm ³)	Ειδικός όγκος (cm ³ /g)	Φαινόμενη πυκνότητα ρ_a (g/cm ³)	Πραγματική πυκνότητα ρ_t (g/cm ³)	Πορώδες ε
0	2065±7 ^a	3,58±0,08 ^a	0,365±0,018 ^a	1,691±0,167 ^a	0,816±0,005 ^a
10	1903±11 ^b	3,46±0,07 ^a	0,379±0,013 ^a	1,834±0,056 ^a	0,796±0,008 ^b
30	1850±14 ^c	3,07±0,02 ^c	0,425±0,005 ^b	2,359±0,090 ^b	0,784±0,003 ^b
50	1547±12 ^d	2,91±0,04 ^b	0,487±0,009 ^c	2,643±0,060 ^c	0,723±0,010 ^c

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην αποδοχή ενός προϊόντος από τους καταναλωτές είναι τα χαρακτηριστικά της υφής του (Setyaningsih *et al.*, 2019). Όσον αφορά την σκληρότητα στο τελικό προϊόν παρατηρείται πυκνότερη δομή με την αύξηση του αλεύρου κάρναβης με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η σκληρότητα. Ταυτόχρονα διακρίνεται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε όλα τα δείγματα. Όσον αφορά την συνεκτικότητα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων. Η συνεκτικότητα ποσοτικοποιεί την εσωτερική αντίσταση της δομής των τροφίμων, όπου όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα παγιδευμένου αέρα στο προϊόν, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των καναλιών αέρα που οδηγεί σε μια λιγότερο συνεκτική δομή (Agrahar-Murugkar *et al.*, 2016). Όπως παρατηρείται και στα αποτελέσματα αυτό πιθανώς συμβαίνει λόγω των αντικαταστατών των αυγών που χρησιμοποιήθηκαν για την σύνθεση του τσουρεκιού. Γενικά η ελαστικότητα στην ψίχα σχετίζεται με τη συσσώρευση πρωτεϊνών (Hedayati and Mazaheri Tehrani, 2018). Όπως παρατηρείται από το Πίνακα 7.15 δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δείγματα με την αύξηση του ποσοστού του προστιθέμενου αλεύρου

κάνναβης. Όσον αφορά την κολλητικότητα, είναι η ενέργεια που απαιτείται για την αποσύνθεση ενός ημι-στερεού τροφίμου μέχρι να είναι έτοιμο για κατάποση (Tuoc and Glasgow, 2012). Παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, με την μεγαλύτερη τιμή να εμφανίζεται στη μεγαλύτερη υποκατάσταση αλεύρου κάνναβης 50%. Η μασητικότητα δείχνει την ενέργεια που απαιτείται για το μάσημα μιας ημιστερεάς τροφής και σχετίζεται με τη σκληρότητα του δείγματος (Hedayati and Mazaheri Tehrani, 2018). Συνεπώς αύξηση της σκληρότητας υποδηλώνει αύξηση της μασητικότητας, όπως εμφανίζεται και στα αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζουν στατιστική σημαντική διαφορά.

Πίνακας 7.15 Επίδραση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης στα χαρακτηριστικά της υφής του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Αλεύρι κάνναβης (%)	Σκληρότητα (N)	Συνεκτικότητα (ratio)	Ελαστικότητα (mm)	Κολλητικότητα (N)	Μασητικότητα (N*mm)
0	3,345±0,298 ^a	0,688±0,006 ^a	0,955±0,028 ^a	2,190±0,078 ^a	2,295±0,188 ^a
10	4,095±0,395 ^b	0,672±0,003 ^b	0,926±0,016 ^a	2,741±0,105 ^b	2,603±0,153 ^b
30	7,078±0,337 ^c	0,600±0,007 ^c	0,922±0,007 ^a	4,263±0,225 ^c	4,000±0,097 ^c
50	14,315±0,279 ^d	0,430±0,009 ^d	0,858±0,013 ^b	6,033±0,163 ^d	5,401±0,128 ^d

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΑΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα φαινολικού περιεχομένου και αντιοξειδωτικής δράσης του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Τα αποτελέσματα της μέτρησης του φαινολικού περιεχομένου και της αντιοξειδωτικής δράσης παρατίθενται στον Πίνακα 7.16. Το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο αυξήθηκε καθώς αυξάνεται η προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Η χαμηλότερη τιμή παρουσιάζεται σε ποσοστό 0% αλεύρου κάνναβης (85,55 mg/100g) ενώ η υψηλότερη τιμή εμφανίζεται σε ποσοστό υποκατάστασης 50% (199,26 mg/100g). Όσον αφορά την αντιοξειδωτική δράση παρατηρείται επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, όπου η αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης, αυξάνει την αντιοξειδωτική δράση. Η υψηλότερη τιμή (34,25%) της αντιοξειδωτικής δράσης εμφανίζεται στο δείγμα με ποσοστό υποκατάστασης 50%. Τα αποτελέσματα συμπίπτουν με τη μελέτη των A. Korus *et al.* (2017) που διεξήχθη σε μπισκότα, η οποία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης συμβάλλει τόσο στην αύξηση της φαινολικής περιεκτικότητας όσο και της αντιοξειδωτικής δράσης του τελικού προϊόντος. Το φαινολικό περιεχόμενο αυξήθηκε από 0,235 mg ferulic acid g⁻¹ στο control δείγμα σε 1,480 mg ferulic acid g⁻¹ σε ποσοστό υποκατάστασης 60%. Αντιστοίχως η αντιοξειδωτική δράση αυξήθηκε από 15,10 mmol Tx kg⁻¹ στο control δείγμα σε 43,76 mmol Tx kg⁻¹ σε ποσοστό υποκατάστασης 60%.

Πίνακας 7.16 Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και αντιοξειδωτική δράση αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Αλεύρι κάρναβης (%)	Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg/100g)	Αντιοξειδωτική δράση %
0	85,55±1,44 ^a	11,37±0,19 ^a
10	106,27±1,17 ^b	14,47±0,40 ^b
30	180,54±0,41 ^c	24,21±0,12 ^c
50	199,26±1,47 ^d	34,25±0,58 ^d

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Τα αποτελέσματα των γεωμετρικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του χορτοφαγικού τσουρεκιού, τα οποία εξήχθησαν με την βοήθεια του λογισμικού Image Analysis Pro παρατίθενται στον Πίνακα 7.17. Όσον αφορά το συνολικό τσουρέκι, η προσθήκη αλεύρου κάρναβης προκάλεσε σταδιακή μείωση του ύψους. Στα αποτελέσματα του ύψους παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά σε αντίθεση με τα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μήκος, πλάτος) στα οποία δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά λόγω των σταθερών γεωμετρικών χαρακτηριστικών των φορμών ψησίματος (Εικ. 7.6, 7.7, 7.8). Σε παρόμοια έρευνα των Hedayati and Mazaheri Tehrani (2018) παρατηρήθηκε μείωση του όγκου και κατ' επέκταση του ύψους του κέικ λόγω του υψηλού ιξώδους, το οποίο μπορεί να περιορίσει την επέκταση του προϊόντος κατά τον κλιβανισμό. Επιπρόσθετα τα ζυμάρια με μεγάλη πυκνότητα δεν περιέχουν αρκετές φυσαλίδες αέρα με αποτέλεσμα τον περιορισμό του φουσκώματος. Όσον αφορά την επιφάνεια και την περίμετρο, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά με την αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάρναβης. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των πόρων, ο αριθμός των πόρων ανά cm² αυξήθηκε με την προσθήκη αλεύρου κάρναβης, κάτι που συμβαδίζει με τα αποτελέσματα των Yazici and Ozer (2021). Το πορώδες (Εικ. 7.5) είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζει την ποιότητα των αρτοσκευασμάτων και χαρακτηρίζει την δομή, τον όγκο και το βαθμό ευπεπτότητας (Petrusha, Daschynska and Shulika, 2017). Παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές του πορώδους με την αύξηση του αλεύρου κάρναβης, γεγονός που οφείλεται στην αυξανόμενη ποσότητα φυτικών ινών που περιέχει το άλευρο κάρναβης, μειώνοντας έτσι την ικανότητα συγκράτησης του πλέγματος και των παραγόμενων αερίων (Mikulec *et al.*, 2019). Όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε πόρου παρατηρήθηκε μείωση της επιφάνειας από 0,903 mm² σε 0,402 mm². Παρόμοια πτωτική τάση παρατηρήθηκε και στην διάμετρο (0,64 mm -0,58mm). Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα των (Rojić *et al.*, 2015), όπου η επιφάνεια των πόρων μειώθηκε από 0,68 (mm²) έως 0,37 (mm²), σε ποσοστό 0% και 20% αντίστοιχα. Όσον αφορά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων, η αναλογία απεικόνισης (aspect ratio), δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά, με τις τιμές να κυμαίνονται από 1,963 – 2,017.

Η στρογγυλότητα των πόρων μειώθηκε καθώς αυξήθηκε η ποσότητα του αλεύρου κάρναβης, δηλαδή οι πόροι τείνουν να διαφοροποιηθούν από το αρχικό τους σχήμα (Polaki *et al.*, 2010). Οι τιμές κυμαίνονται από 2,611 – 2,112. Σχετικά με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της φέτας παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά με την αύξηση του ποσοστού του αλεύρου κάρναβης τόσο στην επιφάνεια της φέτας όσο και στην περίμετρο, καθώς με την μείωση του όγκου συνεπάγεται άμεσα μείωση του ύψους και της περιμέτρου. Όσον αφορά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της φέτας και συγκεκριμένα για τον όρο “margination” (περιθωριοποίηση), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών. Η μέγιστη ομοιογένεια επιτυγχάνεται στην τιμή 0,33 συνεπώς το δείγμα με την καλύτερη ομοιογένεια των πόρων στην φέτα είναι το τσουρέκι με ποσοστό 30% υποκατάστασης με άλευρο κάρναβης. Ο όρος clumpiness υποδηλώνει τον συνωστισμό των πόρων σε μια φέτα. Παρατηρήθηκε πτωτική τάση και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων με την προσθήκη αλεύρου κάρναβης.

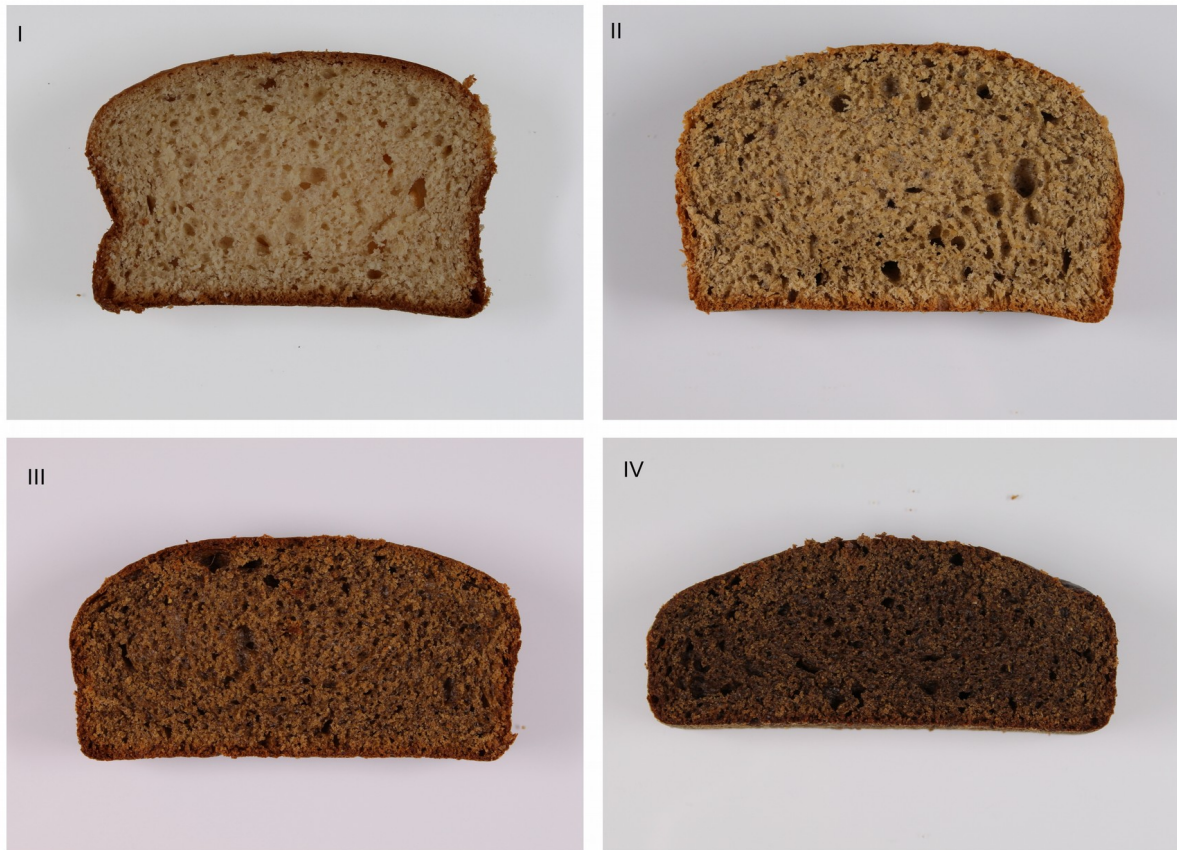
Πίνακας 7.17 Γεωμετρικές και μορφολογικές ιδιότητες του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης που εκτιμάται από το πρόγραμμα Image Pro-Plus

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χορτοφαγικού τσουρεκιού					
Αλεύρι κάνναβης (%)	Thickness (mm)	Surface area (mm)	Surface perimeter (mm)	Length (mm)	Width (mm)
0	64,85±2,99 ^d	25552,90±44,12 ^d	756,38±3,01 ^a	274,40±2,26 ^b	93,91±1,23 ^a
10	58,67±2,52 ^c	24936,00±36,86 ^c	744,19±2,99 ^a	268,56±4,42 ^a	92,50±0,56 ^b
30	53,16±2,48 ^b	23875,47±60,37 ^b	756,20±2,85 ^a	268,22±2,64 ^a	91,74±0,35 ^b
50	46,92±3,07 ^a	22594,90±22,06 ^a	754,83±2,25 ^a	268,54±0,72 ^a	92,19±0,27 ^b

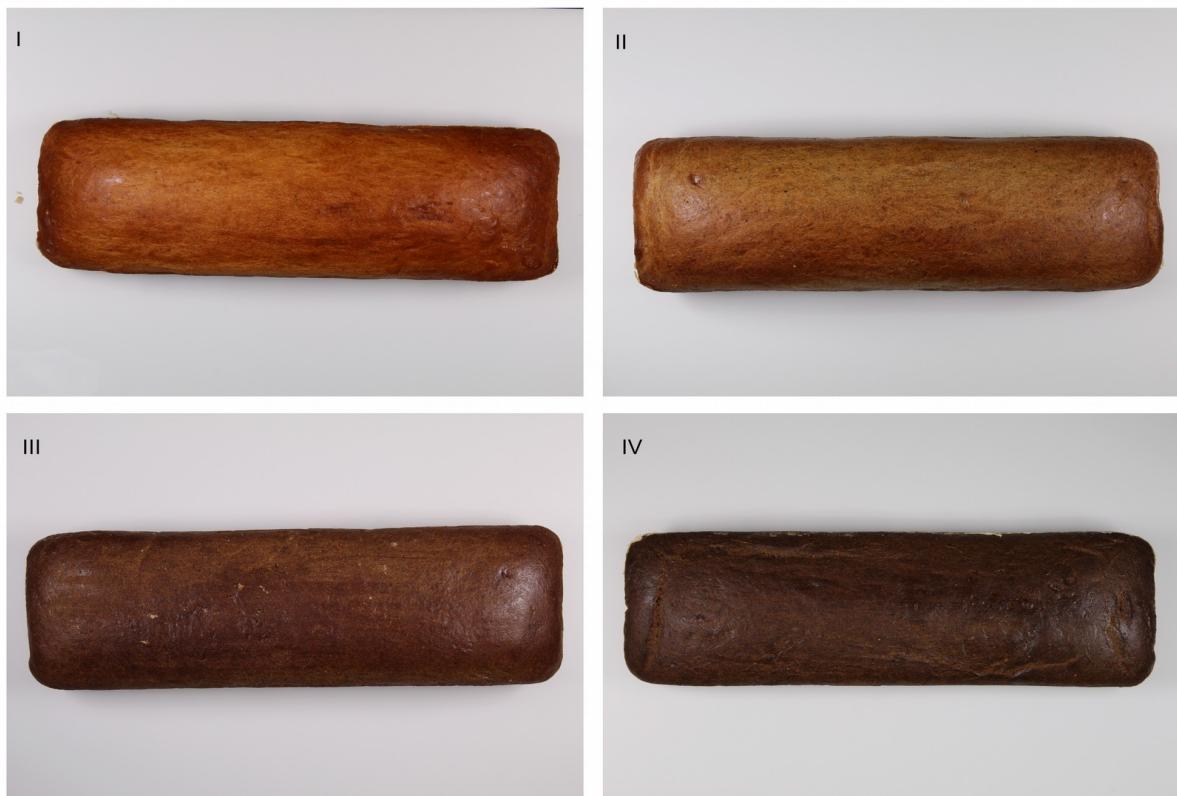
Χαρακτηριστικά των πόρων						
Αλεύρι κάνναβης (%)	Number of cells/cm²	Total cell area/ total measured area (%)	Single pore area (mm²)	Aspect ratio	Roundness	Diameter (mm)
0	37,4±2,2 ^a	40,96±3,01 ^d	0,903±0,004 ^a	1,963±0,018 ^a	2,611±0,239 ^a	0,64±0,01 ^a
10	47,6±2,9 ^b	32,61±1,62 ^c	0,644±0,066 ^b	1,977±0,040 ^a	2,427±0,13 ^{ab}	0,60±0,01 ^b
30	51,6±2,4 ^b	27,65±0,41 ^b	0,466±0,007 ^c	2,024±0,011 ^a	2,279±0,094 ^{ab}	0,60±0,00 ^b
50	51,3±3,1 ^b	21,88±0,07 ^a	0,402±0,007 ^c	2,017±0,064 ^a	2,112±0,045 ^b	0,58±0,01 ^c

Cross Section Characteristics				
Αλεύρι κάνναβης (%)	Area (mm²)	Perimeter (mm)	Margination	Clumpiness
0	5288,69±69,61 ^d	4,007±0,006 ^a	0,289±0,004 ^a	0,571±0,013 ^d
10	4644,42±96,70 ^c	3,919±0,001 ^a	0,311±0,006 ^b	0,505±0,022 ^c
30	4252,93±71,97 ^b	3,141±0,002 ^b	0,339±0,007 ^c	0,385±0,022 ^b
50	3603,57±80,85 ^a	2,987±0,003 ^b	0,354±0,007 ^d	0,323±0,025 ^a

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)



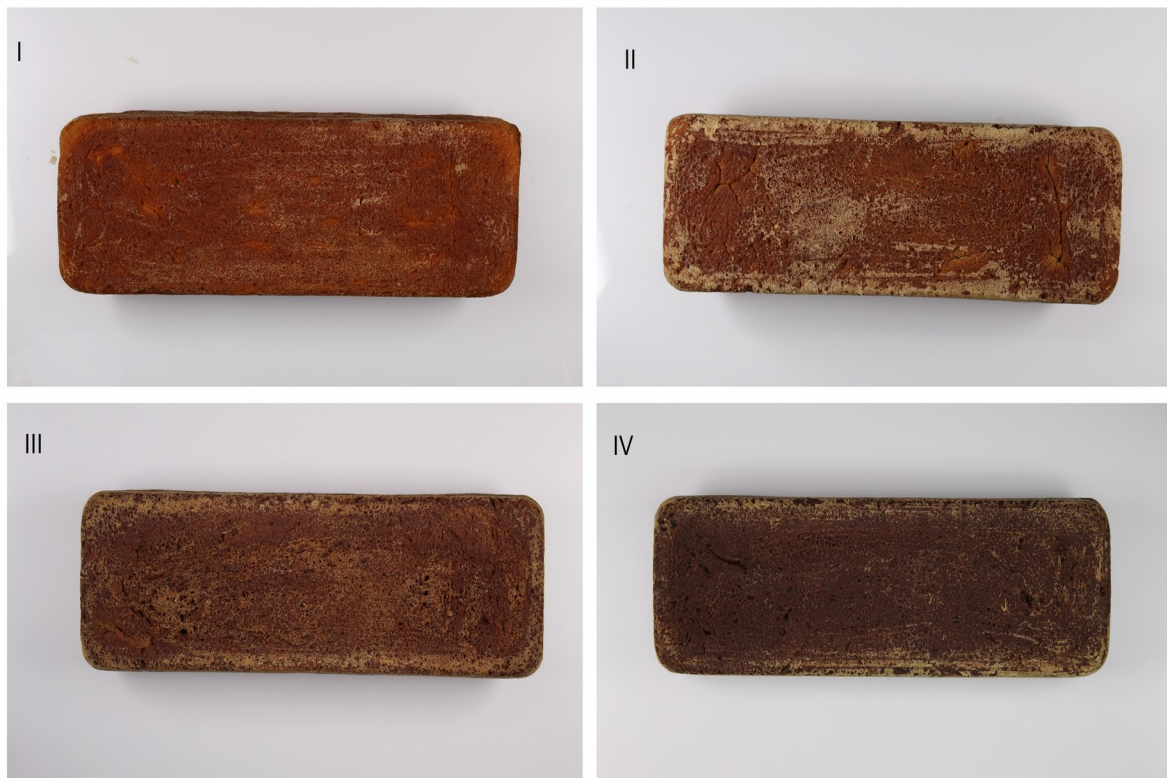
Εικόνα 7.5 Δομή της ψίχας με διαφορετικές υποκαταστάσεις (I-0% υποκατάσταση, II-10% υποκατάσταση, III-30% υποκατάσταση, IV-50% υποκατάσταση)



Εικόνα 7.5 Πανοραμική όψη του τσουρεκιού με διαφορετικές υποκαταστάσεις (I-0% υποκατάσταση, II-10% υποκατάσταση, III-30% υποκατάσταση, IV-50% υποκατάσταση)



ΕΙΚΟΝΑ 7.6 ΠΛΑΓΙΑ ΎΨΗ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (I-0% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, II-10% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, III-30% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, IV-50% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)



ΕΙΚΟΝΑ 7.7 ΚΑΤΩ ΎΨΗ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (I-0% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, II-10% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, III-30% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, IV-50% ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)

Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης του χορτοφαγικού τσουρεκιού παρατίθενται στον Πίνακα 7.18 και στο διάγραμμα 7.3. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της εμφάνισης, η προσθήκη αλεύρου κάνναβης αυξάνει τον βαθμό σκουρότητας του χρώματος (Εικ. 7.5, 7.6). Υπάρχει σημαντικά στατιστική διαφορά τόσο στο χρώμα της ψίχας όσο και της κόρας. Τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου συμπίπτουν με την μέτρηση του χρωματόμετρου, όπου η τιμή L^* μειώνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας της κάνναβης. Πιο συγκεκριμένα η τιμή L^* ελαττώνεται από 70.12 σε 24.61 όσον αφορά την ψίχα και αντίστοιχα στην κόρα από 40.52 μειώνεται σε 25.56. Όσον αφορά τον αριθμό πόρων ψίχας παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο στο δείγμα με προσθήκη αλεύρου κάνναβης ποσοστού 50%. Όσον αφορά το άρωμα του τελικού προϊόντος παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων με εξαίρεση τα δείγματα 30% και 50% λόγω αυξημένου ποσοστού αλεύρου κάνναβης, το οποίο κάλυψε τα αρωματικά στοιχεία. Όσον αφορά τη γεύση, η προσθήκη αλεύρου κάνναβης έχει άμεση επίδραση, προκαλώντας μείωση της γλυκύτητας. Παρατηρήθηκε παράλληλα στατιστικά σημαντική διαφορά με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε όλα τα δείγματα. Αντιθέτως στην πικρή μετάγευση, όπως αναμενόταν, παρατηρήθηκε αύξηση της με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Όσον αφορά την υφή με το χέρι και συγκεκριμένα η σφιχτότητα της ψίχας αυξάνεται με την μεγαλύτερη τιμή (6,31) να παρουσιάζεται σε δείγμα με ποσοστό αλεύρου κάνναβης 50%. Όσον αφορά την ελαστικότητα με το χέρι δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων 0% και 10% ενώ με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε μεγαλύτερα ποσοστά το τελικό προϊόν γίνεται πυκνότερο συνεπώς μειώνεται η τιμή της. Η λιπαρότητα αυξήθηκε με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης λόγω της ύπαρξης ελαίου στο αλεύρι κάνναβης με την μεγαλύτερη τιμή (5,63) να εμφανίζεται σε ποσοστό 30% και 50%. Όσον αφορά την υφή με το στόμα, η προσθήκη αλεύρου κάνναβης προκαλεί αύξηση της σκληρότητας λόγω μείωσης της γλουτένης και αύξησης των φυτικών ινών, δημιουργώντας πυκνότερο τελικό προϊόν. Στην τραγανότητα της κόρας και στην ικανότητα θρυμματισμού δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων 30% και 50%. Στην ελαστικότητα και στην συνεκτικότητα της ψίχας, δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων σε ποσοστό προσθήκης κάνναβης 0%-10% και 30%-50% αντίστοιχα. Όσον αφορά την μασητικότητα, η αύξηση της προσθήκης αλεύρου κάνναβης προκαλεί αύξησή της, ενώ επιφέρει μείωση στην συγκολλητικότητα του τελικού προϊόντος. Τα αποτελέσματα συμβαδίζουν με τις μετρήσεις που πάρθηκαν από τον αναλυτή υφής. Όσον αφορά την υγρασία ενυδάτωσης της ψίχας, δεν

παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων. Παρατηρείται μείωση στην αποδοχή του προϊόντος με την αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης, πιθανά λόγω της αύξησης της πικρής μετάγευσης. Τα δείγματα 0% και 10% δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δείγματα σε ποσοστό 30% και 50%. Κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση δείγματα που λαμβάνουν τιμές για την συνολική αξιολόγηση τους μεγαλύτερες από 6, θεωρούνται αποδεκτά (Lazou, Krokida and Tzia, 2010). Η συνολική αρέσκεια των δειγμάτων με προσθήκη αλεύρου κάνναβης 0%, 10% έλαβε τιμή μεγαλύτερη του 6, όπως και αυτά της παραδοσιακής συνταγής. Τα δείγματα αυτά χαρακτηρίζονται από μαλακή και αφρώδη δομή, καλή ελαστικότητα, ομοιόμορφη κατανομή πόρων και πλούσιο άρωμα. Παρόμοια έρευνα όπως των Hayward and McSweeney (2020), στην οποία αναφέρεται ότι η προσθήκη αλεύρου κάνναβης σε ποσοστό 20% και 25% προκάλεσε μείωση της συνολικής αρέσκειας. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στις προσδοκίες των καταναλωτών, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα την αποδοχή ενός προϊόντος είτε από τον παράγοντα του χρώματος - οι καταναλωτές αντικρίζοντας ένα σκουρότερο προϊόν προϊδεάζονται αρνητικά, ειδικά αν το προϊόν δεν συγκαταλέγεται στις διατροφικές τους συνήθειες.



ΣΧΗΜΑ 7.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ ΣΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ

Πίνακας 7.18 Οργανοληπτική αξιολόγηση αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Χαρακτηριστικό	Αλεύρι κάνναβης (%)			
	0	10	30	50
Εμφάνιση				
Χρώμα κόρας	4,38±0,52 ^a	5,38±0,52 ^b	7,63±0,58 ^c	8,63±0,52 ^d
Χρώμα ψίχας	2,19±0,53 ^a	3,56±0,50 ^b	7,31±0,59 ^c	8,63±0,52 ^d
Αριθμός πόρων ψίχας	7,13±0,23 ^a	7,38±0,52 ^a	7,06±0,18 ^a	5,94±0,42 ^b
Οσμή				
Αρωμα	7,94±0,42 ^a	7,44±0,50 ^b	6,19±0,53 ^c	6,25±0,46 ^c
Γεύση-οσμή				
Γλυκιά	8,19±0,37 ^a	7,38±0,52 ^b	4,88±0,64 ^c	3,25±0,46 ^d
Πικρή (μετάγευση)	1,38±0,52 ^c	2,13±0,35 ^b	5,88±0,64 ^a	6,31±0,46 ^a
Υφή με το χέρι				
Σφιχτότητα ψίχας	3,00±0,53 ^a	3,50±0,53 ^a	5,75±0,46 ^b	6,31±0,46 ^c
Ελαστικότητα με το χέρι	6,75±0,46 ^a	6,50±0,53 ^a	5,75±0,46 ^c	4,94±0,56 ^b
Λιπαρότητα	3,63±0,52 ^b	4,31±0,46 ^a	5,63±0,52 ^c	5,63±0,58 ^c
Υφή με το στόμα				
Σκληρότητα	2,38±0,52 ^b	3,38±0,52 ^a	5,88±0,35 ^c	5,94±0,42 ^c
Τραγανότητα κόρας	2,13±0,64 ^b	2,75±0,46 ^a	4,13±0,35 ^c	3,88±0,35 ^c
Ελαστικότητα	6,69±0,59 ^a	6,69±0,70 ^a	4,38±0,52 ^b	4,00±0,53 ^b
Μασητικότητα	2,50±0,53 ^b	3,38±0,52 ^a	3,44±0,50 ^a	4,50±0,53 ^c
Ικανότητα θρυμματισμού	2,25±0,46 ^b	2,88±0,35 ^a	4,63±0,52 ^c	4,31±0,46 ^c
Συγκολλητικότητα	7,00±0,53 ^a	6,25±0,46 ^{bc}	5,81±0,46 ^c	6,38±0,52 ^b
Συνεκτικότητα	7,50±0,53 ^a	7,00±0,53 ^a	5,88±0,64 ^b	6,13±0,64 ^b
Υγρασία ενυδάτωσης ψίχας	7,31±0,59 ^a	6,69±0,59 ^b	6,38±0,52 ^b	6,81±0,37 ^{ab}
Ολική αρέσκεια	8,44±0,50 ^a	8,06±0,68 ^a	5,38±0,52 ^b	4,19±0,53 ^c

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΎΔΙΑ ΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Αποτελέσματα ισόθερμων ροφήσεως των χορτοφαγικών αρτοσκευασμάτων

Τα αποτελέσματα των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου GAB για τα χορτοφαγικά τσουρέκια παρατίθενται στους πίνακες 7.19, 7.20 και 7.21 ενώ τα αποτελέσματα των ισόθερμων ροφήσεως παρουσιάζονται στο σχήμα 7.4.

Όπως έχει προαναφερθεί, ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 είναι ένα στατιστικό μέτρο για το πόσο στενά σχετίζονται δύο μεταβλητές. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως 1 και αντικατοπτρίζει την έκταση της γραμμικής σχέσης μεταξύ δύο συνόλων δεδομένων (Basu, Shivhare and Mujumdar, 2006).

Η ανάλυση των φαινομένων προσρόφησης σε τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, όπως τα περισσότερα φρούτα, περιπλέκεται από τη διάλυση των σακχάρων και γι' αυτό η θεωρητική πρόβλεψη των ισόθερμων ροφήσεως είναι δύσκολη (CHIRIFE and IGLESIAS, 1978). Από τα διαγράμματα διακρίνεται ότι ενώ η ισόθερμη ροφήσεως συναρτήσει της θερμοκρασίας θα έπρεπε να μετατοπίζεται σε χαμηλότερες τιμές, ισχύει η αντίθετη τάση. Αυτά είναι χαρακτηριστικά των τροφίμων με υψηλότερο ποσοστό σακχάρων που δίνουν το χαρακτηριστικό σχήμα της ισόθερμης ροφήσεως τύπου III, με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία σε χαμηλές ενεργότητας ύδατος και μεγάλες περιεκτικότητες υγρασίας σε υψηλές τιμές ενεργότητας ύδατος (Lazou *et al.*, 2020). Σε υψηλές δραστηριότητες νερού, συμβαίνει η διάλυση του σακχάρου και η κρυσταλλική ζάχαρη μετατρέπεται σε άμορφη ζάχαρη. Η ποσότητα του νερού που απορροφάται, αυξάνεται πολύ μετά από αυτή τη μετάβαση λόγω της αύξησης του αριθμού των θέσεων προσρόφησης μετά τη θραύση της κρυσταλλικής δομής της ζάχαρης (AYRANCI, AYRANCI and DOGANTAN, 1990). Πράγματι σε ότι αφορά την τυποποίηση των χορτοφαγικών τσουρεκιών παρουσιάζεται αυξημένο ποσοστό σακχάρων, λόγω της ύπαρξης του πουρέ μήλου συγκριτικά με την αρχική τυποποίηση για την παρασκευή του κλασικού τσουρεκιού. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί στις έρευνες των Maroulis *et al.* (1988) σε αφυδατωμένα φρούτα και των Lazou *et al.* (2020) σε σταφιδόπαστα, όπου η υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα προσέδωσε το χαρακτηριστικό σχήμα της καμπύλης, λόγω του μετασχηματισμού της φάσης των σακχάρων που περιέχονται στα τρόφιμα σε υψηλές τιμές ενεργότητας.

Πίνακας 7.19 Αποτελέσματα παλινδρόμησης του μοντέλου GAB στους 25 °C του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης.

Αλεύρι κάνναβης (%)	C	K	Xm	R ²
Ψίχα				
0	2,93±1,15	0,96±0,01	5,23±0,49	0,999
10	3,91±1,49	0,97±0,01	4,76±0,36	0,999
30	7,78±2,85	0,97±0,00	4,23±0,21	0,999
50	6,72±2,72	0,96±0,01	4,40±0,31	0,999
Κόρα				
0	3,03±1,09	0,96±0,01	4,79±0,41	0,999
10	6,46±2,27	0,98±0,00	3,53±0,18	1,000
30	17,96±7,38	0,98±0,00	3,47±0,13	0,999
50	2,46±0,99	0,96±0,01	4,48±0,50	0,999

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Πίνακας 7.20 Αποτελέσματα παλινδρόμησης του μοντέλου GAB στους 35 °C του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

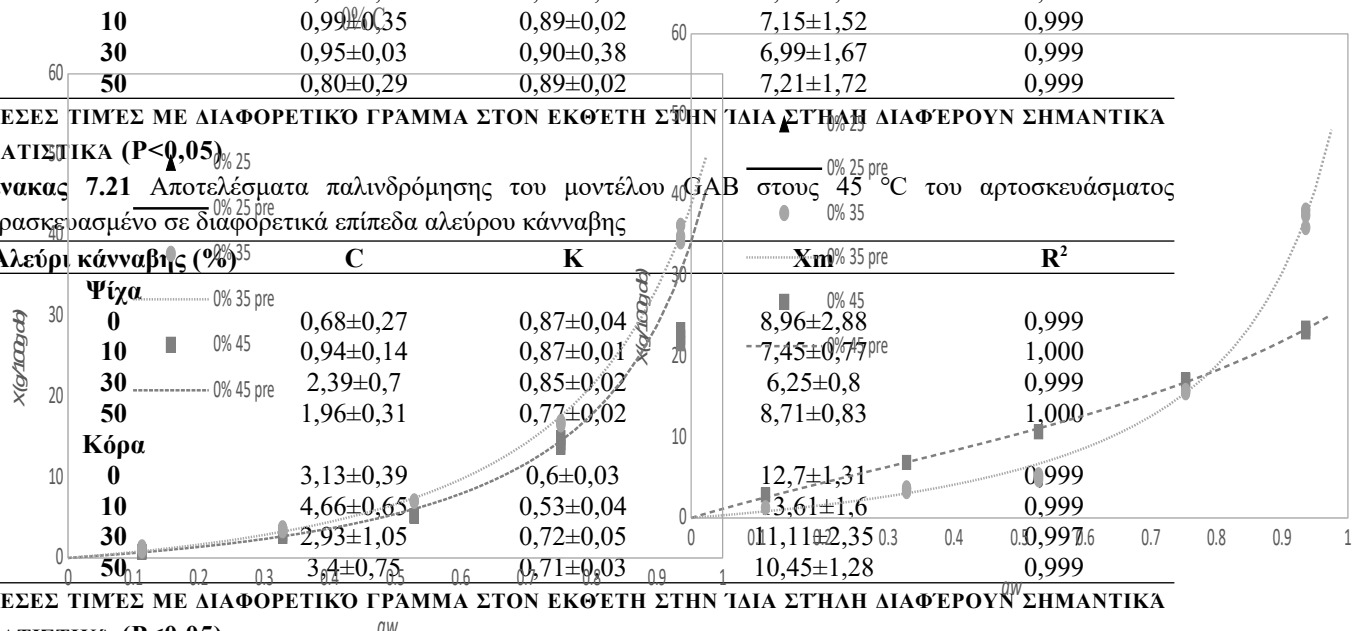
Αλεύρι κάνναβης (%)	C	K	Xm	R ²
Ψίχα				
0	0,55±0,25	0,83±0,04	14,05±5,55	0,999
10	0,69±0,29	0,87±0,03	9,61±2,93	0,999
30	1,84±0,21	0,91±0,01	6,21±0,29	1,000
50	1,99±0,76	0,90±0,02	6,31±0,95	0,998
Κόρα				
0	0,85±0,31	0,87±0,03	8,51±2,07	0,999
10	0,99±0,35	0,89±0,02	7,15±1,52	0,999
30	0,95±0,03	0,90±0,38	6,99±1,67	0,999
50	0,80±0,29	0,89±0,02	7,21±1,72	0,999

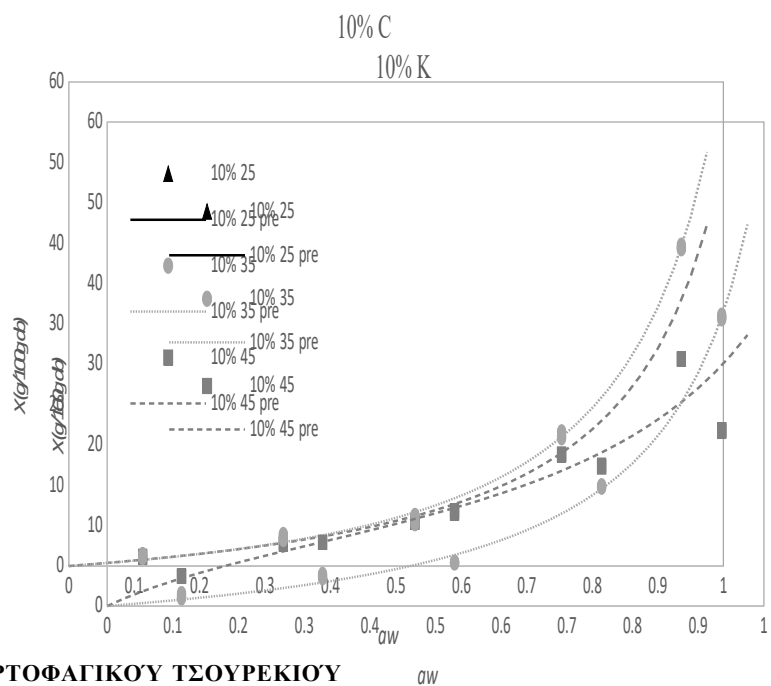
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)

Πίνακας 7.21 Αποτελέσματα παλινδρόμησης του μοντέλου GAB στους 45 °C του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλεύρου κάνναβης

Αλεύρι κάνναβης (%)	C	K	Xm	R ²
Ψίχα				
0	0,68±0,27	0,87±0,04	8,96±2,88	0,999
10	0,94±0,14	0,87±0,01	7,45±0,77	1,000
30	2,39±0,7	0,85±0,02	6,25±0,8	0,999
50	1,96±0,31	0,77±0,02	8,71±0,83	1,000
Κόρα				
0	3,13±0,39	0,6±0,03	12,7±1,31	0,999
10	4,66±0,65	0,53±0,04	3,61±1,6	0,999
30	2,93±1,05	0,72±0,05	10,45±1,28	0,999
50	3,4±0,75	0,71±0,03	10,45±1,28	0,999

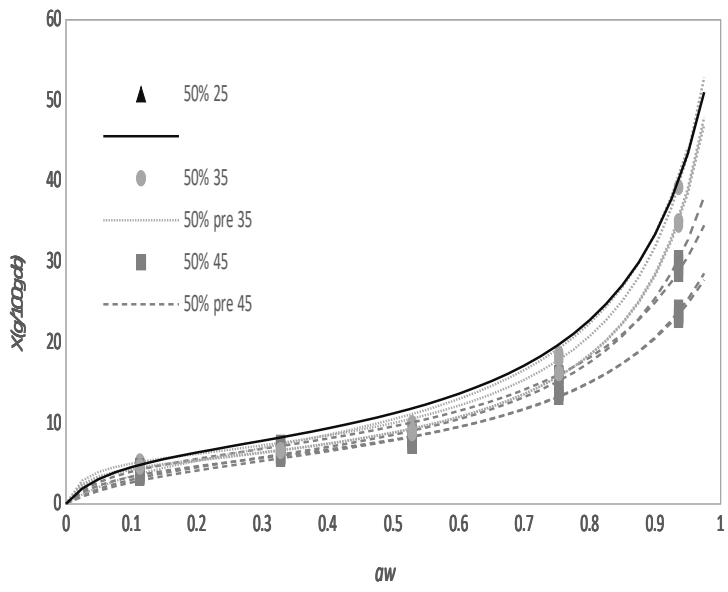
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑ ΣΤΟΝ ΕΚΘΕΤΗ ΣΤΗΝ ΊΔΙΑ ΣΤΗΛΗ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ (P<0,05)





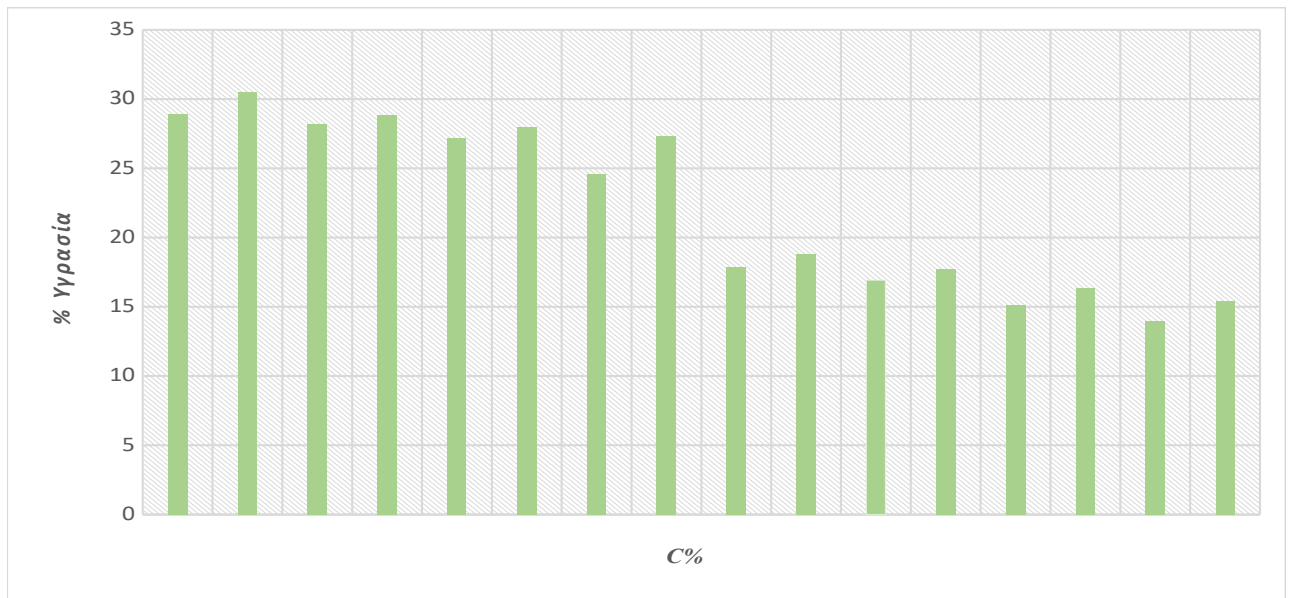
ΣΧΗΜΑ 7.4.Α ΙΣΟΘΕΡΜΕΣ ΡΟΦΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (ΠΡΟΤΥΠΟ GAB) (ΟΠΟΥ C: ΨΙΧΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ, Κ: ΚΟΡΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ).

30% K



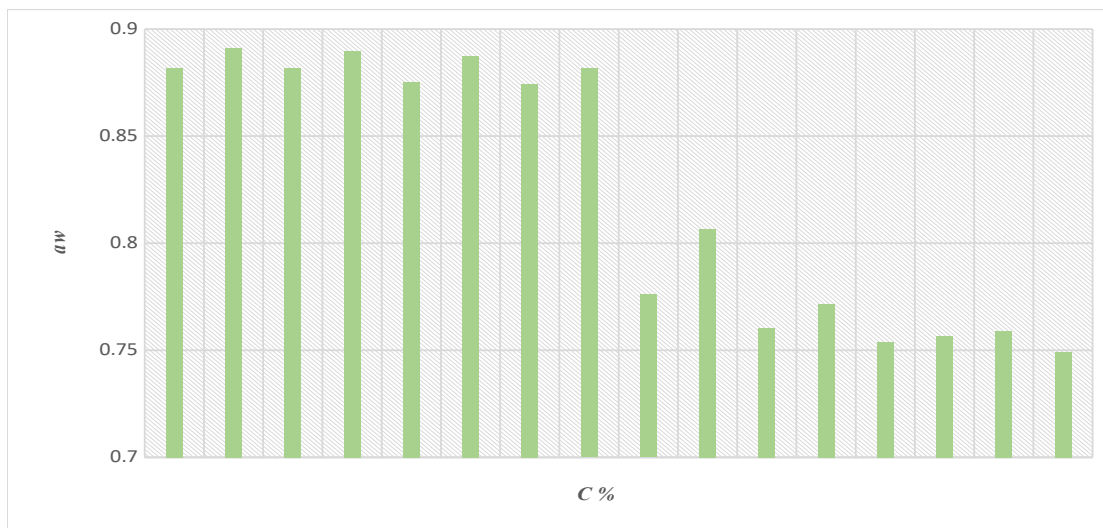
**ΣΧΗΜΑ 7.4.Β ΙΣΟΘΕΡΜΕΣ ΡΟΦΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ
ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΛΕΥΡΟΥ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (ΠΡΟΤΥΠΟ GAB)
(ΟΠΟΥ C: ΨΙΧΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ, Κ: ΚΟΡΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ).**

Σύγκριση παραδοσιακών και χορτοφαγικών τσουρεκιών



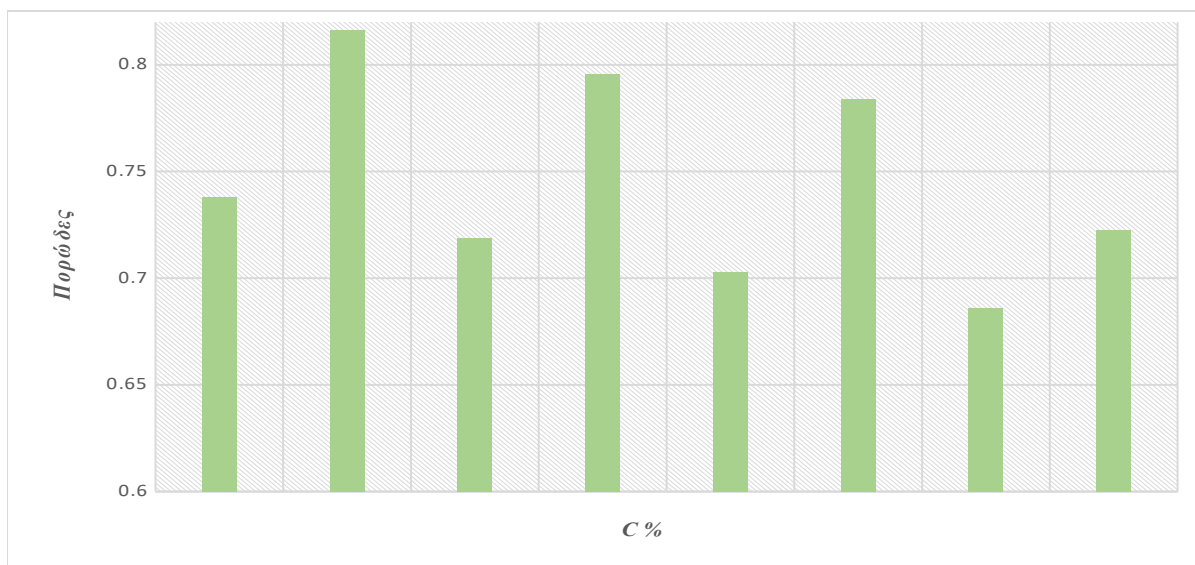
ΣΧΗΜΑ 7.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΛΕΥΡΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (CONTROL: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, VEGAN: ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, CRUMB: ΨΙΧΑ, CRUST: ΚΟΡΑ)

Μελετώντας τις δύο τυποποιήσεις, του παραδοσιακού τσουρεκιού αλλά και της χορτοφαγικής εκδοχής παρατηρείται ομοιογένεια ως προς τις τελικές ιδιότητες των προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά την περιεκτικότητα της υγρασίας της ψίχας και της κόρας των τσουρεκιών (Σχήμα 7.5) συναρτήσει της συγκέντρωσης σε αλεύρο κάνναβης παρατηρείται παρόμοια μείωση της υγρασίας τόσο στο παραδοσιακό τσουρέκι (από 28,89% στην ψίχα και 17,88% στην κόρα σε ποσοστό υποκατάστασης 0% έως 24,56 και 14,00% σε ποσοστό υποκατάστασης 50% αντίστοιχα) όσο και στην χορτοφαγική τυποποίηση (από 30,46% στην ψίχα και 18,82% στην κόρα σε ποσοστό υποκατάστασης 0% έως 27,30 και 15,44% σε ποσοστό υποκατάστασης 50% αντίστοιχα) καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του αλεύρου κάνναβης.

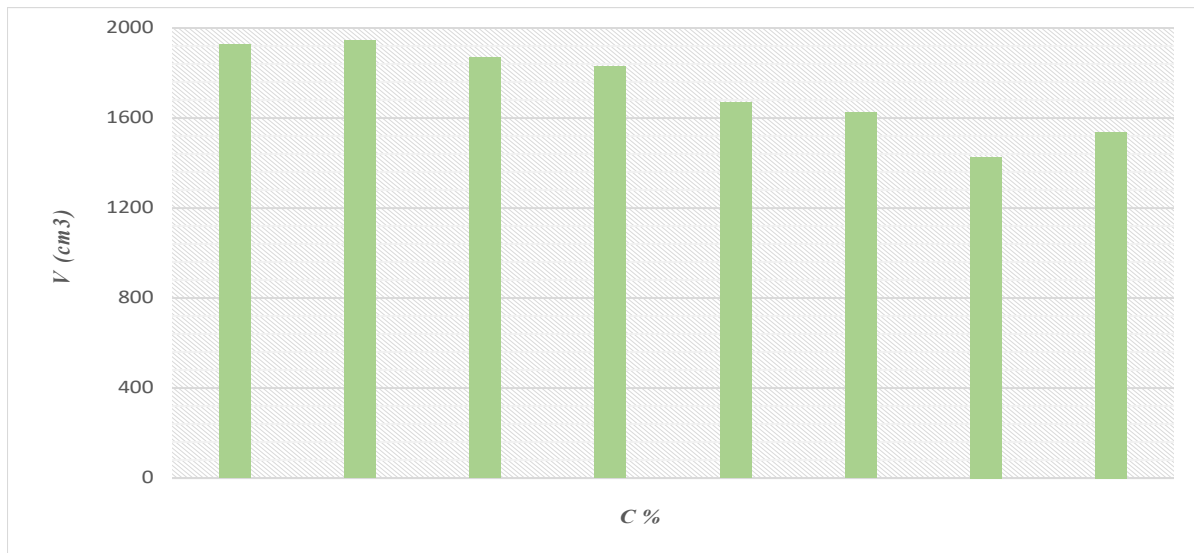


Σχήμα 7.6 Διάγραμμα μεταβολής της ενεργότητας του νερού συναρτήσει της συγκέντρωσης σε άλευρο κάνναβης (Control: παραδοσιακό τσουρέκι, Vegan: χορτοφαγικό τσουρέκι, Crumb: ψίχα Crust: κόρα)

Παρόμοια τάση παρατηρείται και στην ενεργότητα ύδατος, η οποία δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά την ενεργότητα ύδατος ψίχας και της κόρας των τσουρεκιών (Σχήμα 7.6) συναρτήσει της συγκέντρωσης σε άλευρο κάνναβης παρατηρείται παρόμοια μείωση της ενεργότητας ύδατος τόσο στο παραδοσιακό τσουρέκι (από 0,8808 στην ψίχα και 0,7760 στην κόρα σε ποσοστό υποκατάστασης 0% έως 0,8658 και 0,7591 σε ποσοστό υποκατάστασης 50% αντίστοιχα) όσο και στην χορτοφαγική τυποποίηση (από 0,8912 στην ψίχα και 0,8066 στην κόρα σε ποσοστό υποκατάστασης 0% έως 0,8816 και 0,7490 σε ποσοστό υποκατάστασης 50% αντίστοιχα) καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του αλεύρου κάνναβης.

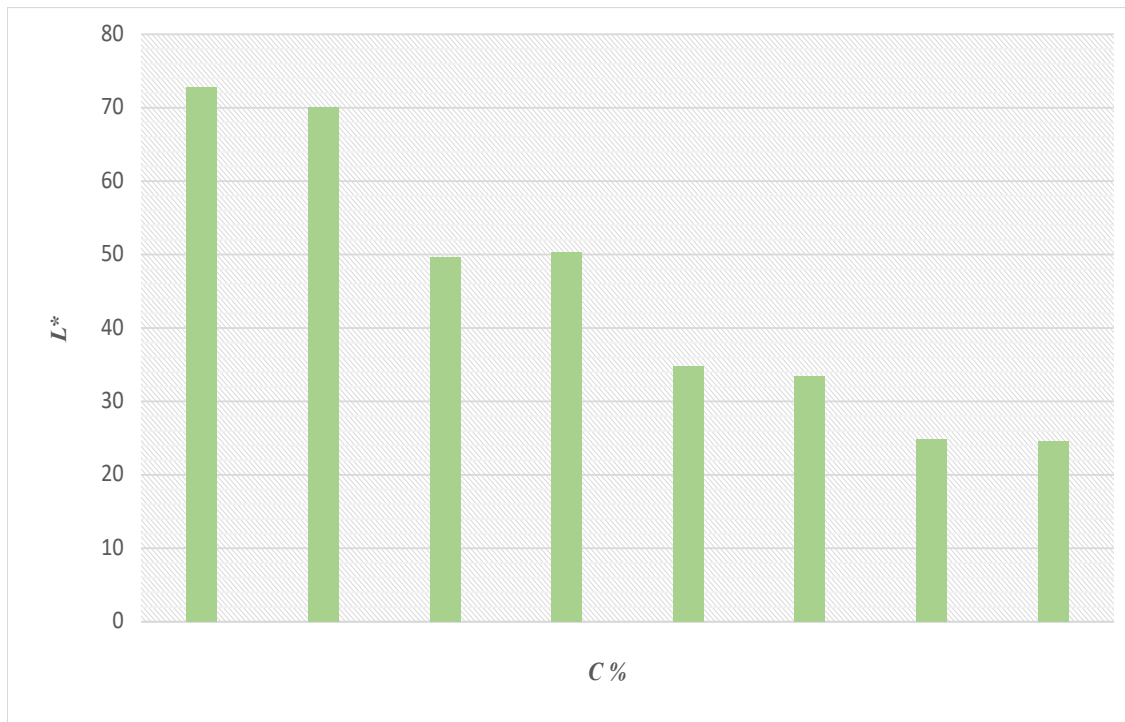


ΣΧΗΜΑ 7.7 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΛΕΥΡΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (CONTROL: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, VEGAN: ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, CRUMB: ΨΙΧΑ)



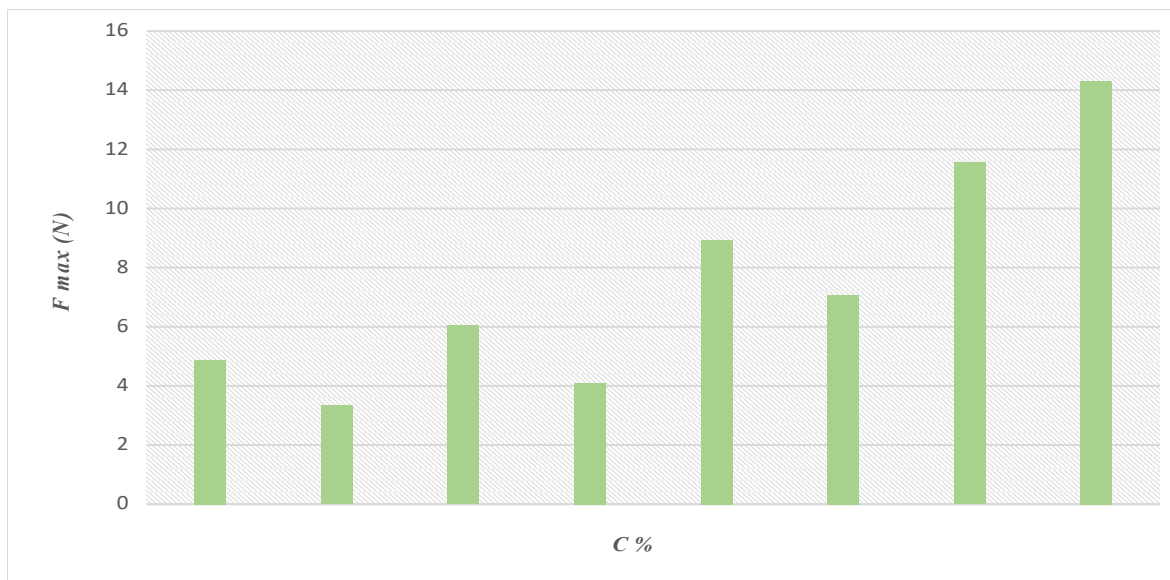
ΣΧΗΜΑ 7.8 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΌΓΚΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΛΕΥΡΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (CONTROL: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, VEGAN: ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ)

Συγκρίνοντας τις δύο τυποποιήσεις ως προς τις δομικές τους ιδιότητες παρατηρήθηκε αύξηση της φαινόμενης πυκνότητας, από 0,283 έως 0,522 και από 0,365 έως 0,487 στην κλασική και χορτοφαγική τυποποίηση αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στην πραγματική πυκνότητα όπου οι τιμές κυμαίνονται από 1,080 έως 1,665 και από 1,691 και 1,642 στην κλασική και χορτοφαγική τυποποίηση αντίστοιχα. Από τα σχήματα 7.7 και 7.8 παρατηρείται μείωση του πορώδους από 0,738 έως 0,676 και από 0,816 έως 0,722 και του όγκου από 1925 έως 1426,67 και από 1945 έως 1537,5 στην κλασική και χορτοφαγική τυποποίηση αντίστοιχα καθώς αυξάνεται το ποσοστό του αλεύρου κάνναβης, γεγονός που οφείλεται στην αυξανόμενη ποσότητα φυτικών ινών που περιέχει το άλευρο κάνναβης, μειώνοντας έτσι την ικανότητα συγκράτησης του πλέγματος και των παραγόμενων αερίων.

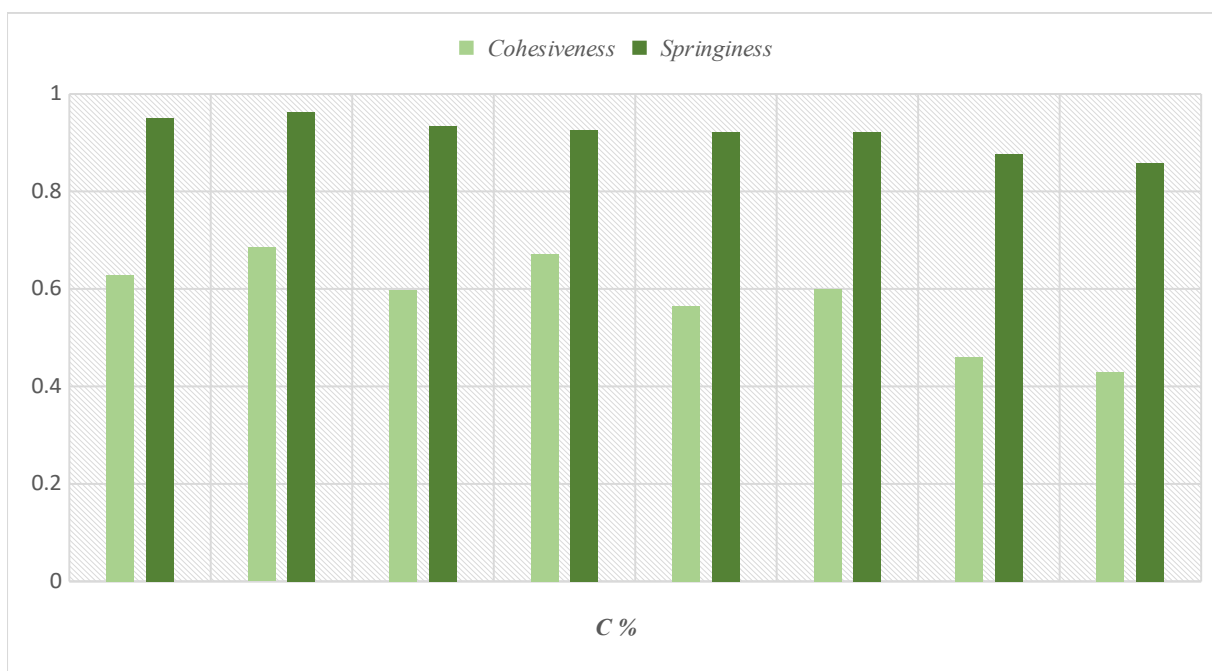


ΣΧΗΜΑ 7.9 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΛΕΥΡΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (CONTROL: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, VEGAN: ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, CRUMB: ΨΙΧΑ)

Όσον αφορά την φωτεινότητα των τυποποιήσεων (Σχήμα 7.9) παρατηρείται παρόμοια μείωση της παραμέτρου L^* καθώς αυξάνεται το ποσοστό του αλεύρου κάνναβης. Συγκεκριμένα η τιμή της φωτεινότητας της ψίχας των παραδοσιακών τσουρεκιών με ποσοστό υποκατάστασης 0% επέρχεται στα 72,83 ενώ με ποσοστό υποκατάστασης 50% στα 24,80, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τις τιμές του χορτοφαγικού τσουρεκιού, καθώς η τιμή της φωτεινότητας για 0% υποκατάστασης υπολογίστηκε 70,12 και αντίστοιχα 24,61 για 50% υποκατάσταση με άλευρο κάνναβης.



ΣΧΗΜΑ 7.10 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΑΣΚΟΥΜΕΝΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΛΕΥΡΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (CONTROL: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, VEGAN: ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, CRUMB: ΨΙΧΑ, CRUST: ΚΟΡΑ



ΣΧΗΜΑ 7.11 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΛΕΥΡΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ (CONTROL: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, VEGAN: ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΟ ΤΣΟΥΡΕΚΙ, CRUMB: ΨΙΧΑ)

Συγκρίνοντας τις δύο τυποποιήσεις ως προς την μέγιστη δύναμη (Σχήμα 7.10), παρατηρείται παρόμοια αύξηση της μέγιστης δύναμης με την αύξηση του ποσοστού του αλεύρου κάνναβης λόγω πυκνότερης δομής, τόσο για την παραδοσιακή τυποποίηση όσο και για την χορτοφαγική. Ειδικά η τιμή της μέγιστης δύναμης που ασκήθηκε στα παραδοσιακά τσουρέκια με ποσοστό υποκατάστασης 0% επέρχεται στα 4,880 N ενώ με ποσοστό υποκατάστασης 50% στα 11,550 N. Οι τιμές του χορτοφαγικού τσουρεκιού καθώς η

αυξάνεται η συγκέντρωση του αλεύρου κάνναβης υπολογίστηκε για 0% υποκατάσταση στα 3,345 N και αντίστοιχα 14,315 N για 50% υποκατάσταση με άλευρο κάνναβης. Για συγκεντρώσεις 0%, 10% και 30% στο χορτοφαγικό τσουρέκι η μέγιστη δύναμη συμπίεσης που ασκήθηκε ήταν λιγότερη λόγω της διαφοροποίησης της τυποποίησης και την απουσία αυγών τα οποία δημιουργούν μια σταθερή και συνεκτική εσωτερική δομή. Παρόλη την έλλειψη των αυγών η συνεκτικότητα και η ελαστικότητα (Σχήμα 7.11) του χορτοφαγικού προϊόντος σε σύγκριση με του παραδοσιακού τσουρεκιού εμφάνισε παρεμφερή αποτελέσματα. Συγκεκριμένα όσον αφορά την συνεκτικότητα οι τιμές κυμαίνονται στην κλασική τυποποίηση από 0,629 για 0% υποκατάσταση έως 0,461 για 50% υποκατάσταση και από 0,688 για 0% υποκατάσταση έως 0,430 για 50% υποκατάσταση για την χορτοφαγική τυποποίηση. Τέλος όσον αφορά την ελαστικότητα και οι δύο τυποποιήσεις παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές. Συγκεκριμένα οι τιμές κυμαίνονται στην κλασική τυποποίηση από 0,951 mm για 0% υποκατάσταση έως 0,877 mm για 50% υποκατάσταση και από 0,955 mm για 0% υποκατάσταση έως 0,858 mm για 50% υποκατάσταση για την χορτοφαγική τυποποίηση. Με βάση τις τελικές ιδιότητες και μετρήσεις των δύο διαφορετικών τυποποιήσεων παρατηρείται ομοιομορφία τόσο οπτικά όσο και στην συμπεριφορά τους σε διαφορετικά είδη μετρήσεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα προϊόντα πλουσίου ζυμαριού είναι ένα νέο πεδίο για έρευνα. Το απολιπανθέν αλεύρι κάνναβης είναι ένα πολύ υποσχόμενο εναλλακτικό αλεύρι, όχι μόνο από βιώσιμη άποψη, αλλά και επειδή είναι ένα πολύ θρεπτικό αλεύρι. Σε αυτή τη μελέτη αποδείχθηκε ότι το αλεύρι κάνναβης συμβάλλει στον εμπλουτισμό των θρεπτικών ουσιών του τσουρεκιού, αυξάνοντας τη συνολική φαινολική περιεκτικότητα και αντιοξειδωτική δράση και ταυτόχρονα το τελικό προϊόν είναι αποδεκτό από τους καταναλωτές. Οι φυσικοχημικές, δομικές ιδιότητες και ιδιότητες υφής του τσουρεκιού επηρεάζονται σημαντικά με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Η αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης οδήγησε σε πυκνότερα προϊόντα με μειωμένο όγκο, πορώδες και ελαστικότητα και αυξημένη σκληρότητα και μασητικότητα. Το χρώμα του τσουρεκιού με κάνναβη ήταν πιο σκούρο, όπως επιβεβαιώθηκε τόσο με τη χρήση των οργάνων όσο και αισθητικά με τον οργανοληπτικό έλεγχο. Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης, επηρέασε τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων, οδηγώντας στο σχηματισμό λιγότερο αεριζόμενης διογκωμένης δομής, όπως αποκαλύπτεται από την ανάλυση εικόνας. Η οργανοληπτική αξιολόγηση του τσουρεκιού αποκάλυψε ότι η εμφάνιση, η γεύση και τα χαρακτηριστικά υφής του προϊόντος επηρεάζονται άμεσα από την προσθήκη του αλεύρου κάνναβης. Παρόλα αυτά δείχνει ότι είναι εφικτό να παραχθεί αποδεκτό τσουρέκι εμπλουτισμένο με κάνναβη υψηλής προστιθέμενης αξίας με επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά μέχρι ποσοστό υποκατάστασης 30%.

Παρόμοια αποτελέσματα προκύπτουν και από την αντικατάσταση των ζωικών συστατικών με φυτικά για την παραγωγή χορτοφαγικών τσουρεκιών. Η αντικατάσταση των αυγών από πουρέ μήλου σε συνδυασμό με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης αύξησε τη συνολική φαινολική περιεκτικότητα και αντιοξειδωτική δράση στο τελικό προϊόν. Οι φυσικοχημικές, δομικές ιδιότητες και ιδιότητες υφής του τσουρεκιού επηρεάζονται εξίσου σημαντικά με την προσθήκη κάνναβης. Η αύξηση του ποσοστού αλεύρου κάνναβης οδήγησε σε πυκνότερα προϊόντα με μειωμένο όγκο και πορώδες. Τα χορτοφαγικά τσουρέκια εμφανίζονται με πιο μαλακή δομή και αυξημένο πορώδες συγκριτικά με την κλασική συνταγή. Η δομή αυτή οδηγεί σε μεγαλύτερη συγκράτηση υγρασίας και ενεργότητα ύδατος τόσο στην κόρα όσο και στην ψίχα. Η προσθήκη αλεύρου κάνναβης καθώς και η αντικατάσταση των συστατικών οδήγησε σε σκουρότερα προϊόντα συγκριτικά με την κλασική συνταγή, όπως επιβεβαιώθηκε τόσο ενόργανα, όσο και οργανοληπτικά. Με βάση την ανάλυση εικόνας τα γεωμετρικά και

μορφολογικά χαρακτηριστικά των χορτοφαγικών τσουρεκιών επηρεάστηκαν με παρόμοιο τρόπο όπως στην κλασική συνταγή. Η οργανοληπτική αξιολόγηση του τσουρεκιού αποκάλυψε ότι η εμφάνιση, η γεύση και τα χαρακτηριστικά υφής του προϊόντος επηρεάζονται άμεσα από την προσθήκη του αλεύρου κάνναβης. Το προϊόν που περιέχει 10% αλεύρι κάνναβης παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με το δείγμα χωρίς προσθήκη αλεύρου κάνναβης. Τα δείγματα αυτά χαρακτηρίζονται από μαλακή και αφρώδη δομή, καλή ελαστικότητα, ομοιόμορφη κατανομή πόρων και πλούσιο άρωμα.

Δεδομένου των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, συμπεραίνεται ότι ο εμπλουτισμός των αρτοσκευασμάτων με άλευρο κάνναβης επέφερε σημαντικές επιδράσεις στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Η σύγκριση των χαρακτηριστικών μεταξύ του αρτοσκευάσματος με ζωικά παράγωγα και της χορτοφαγικής εκδοχής του υπέδειξε πως η χορτοφαγική τυποποίηση μπορεί να υλοποιηθεί, να διατηρήσει ποιοτικά χαρακτηριστικά και να έχει παρόμοια αποδοχή από τους καταναλωτές.

Η έρευνα που θα μπορούσε να συνεχιστεί μελλοντικά με:

- ✓ την μελέτη της παλαιώσης τόσο των παραδοσιακών όσο και των χορτοφαγικών τσουρεκιών σε συνδυασμό με την προσθήκη αλεύρου κάνναβης, για τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής τους
- ✓ την παρασκευή εξωθημένων προϊόντων στα ίδια ή διαφορετικά ποσοστά προσθήκης αλεύρου κάνναβης και η μελέτη των χαρακτηριστικών τους.
- ✓ ο εμπλουτισμός των τσουρεκιών με βιοδραστικές ουσίες που θα αυξήσουν την διατροφική αξία του τελικού προϊόντος.
- ✓ την διερεύνηση των ιδιοτήτων προϊόντων πλουσίου ζυμαριού με διαφορετική αμυλούχα βάση εκτός άλευρο σίτου.
- ✓ την μελέτη της θρεπτικής αξίας των προϊόντων πλουσίου ζυμαριού και της επίδρασης της διεργασίας πάνω στα θρεπτικά συστατικά.
- ✓ την μελέτη των ιδιοτήτων διαφόρων αρτοσκευασμάτων με τη χρήση αλεύρου από κολλώδες ρύζι (*Oryza sativa*).

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

Abernethy, A. (2019) *Hemp Production and the 2018 Farm Bill*. Available at:

<https://www.fda.gov/news-events/congressional-testimony/hemp-production-and-2018-farm-bill-07252019>.

Agrahar-Murugkar, D. *et al.* (2016) ‘Effect of Egg-Replacer and Composite Flour on Physical Properties, Color, Texture and Rheology, Nutritional and Sensory Profile of Cakes’, *Journal of Food Quality*, 39(5), pp. 425–435. doi: 10.1111/jfq.12224.

Alava, J. M., Millar, S. J. and Salmon, S. E. (2001) ‘The determination of wheat breadmaking performance and bread dough mixing time by NIR spectroscopy for high speed mixers’, *Journal of Cereal Science*, 33(1), pp. 71–81. doi: 10.1006/jcrs.2000.0341.

Andre, C. M., Hausman, J. F. and Guerriero, G. (2016) ‘Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules’, *Frontiers in Plant Science*, 7(FEB2016), pp. 1–17. doi: 10.3389/fpls.2016.00019.

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.

ASLAN, M. and ERTAŞ, N. (2020) ‘Possibility of using “chickpea aquafaba” as egg replacer in traditional cake formulation’, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), pp. 1–8. doi: 10.29050/harranziraat.569397.

Attard, T. M. *et al.* (2018) ‘Utilisation of supercritical fluids for the effective extraction of waxes and Cannabidiol (CBD) from hemp wastes’, *Industrial Crops and Products*, 112(July 2016), pp. 38–46. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.10.045.

AYRANCI, E., AYRANCI, G. and DOGANTAN, Z. (1990) ‘Moisture Sorption Isotherms of

Dried Apricot, Fig and Raisin at 20 °C and 36°C’, *Journal of Food Science*, 55(6), pp. 1591–1593. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb03577.x>.

Bakare, A. H., Osundahunsi, O. F. and Olusanya, J. O. (2016) ‘Rheological, baking, and sensory properties of composite bread dough with breadfruit (*Artocarpus communis* Forst) and wheat flours’, *Food Science and Nutrition*, 4(4), pp. 573–587. doi: 10.1002/fsn3.321.

Basu, S., Shivhare, U. S. and Mujumdar, A. S. (2006) ‘Models for sorption isotherms for foods: A review’, *Drying Technology*, 24(8), pp. 917–930. doi: 10.1080/07373930600775979.

Bearman, D. (2018) *Cannabis: One of the most thoroughly studied plants ever*. Available at: <https://www.openaccessgovernment.org/cannabis-one-of-the-most-thoroughly-studied-plants-ever/46701/>.

Bisharat, G. I. *et al.* (2015) ‘Antioxidant potential and quality characteristics of vegetable-enriched corn-based extruded snacks’, *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), pp. 3986–4000. doi: 10.1007/s13197-014-1519-z.

Boeing, H., Strohm, D. and Watzl, B. (no date) “‘Vegan Diet’”.

Boukouvalas, C. J. *et al.* (2006) ‘Density and porosity: Literature data compilation for foodstuffs’, *International Journal of Food Properties*, 9(4), pp. 715–746. doi: 10.1080/10942910600575690.

by MJG, compiled (2015) ‘Hemp History Timeline on RediscoverHemp.com’, *RediscoverHemp*, p. 7. Available at: <http://rediscoverhemp.com/wp-content/uploads/2015/06/history-of-hemp-timeline-on-RediscoverHemp-2015-pdf1.pdf>.

Cannabusinessplans (no date) *European Hemp Market, Legalization and Opportunities*. Available at: <https://cannabusinessplans.eu/european-hemp-market-legalization-and-opportunities/>.

- Cannadorra (no date) *Τα στελέχη της κάνναβης*. Available at:
<https://el.cannadorra.com/en/articles/hemp-articles-and-information/cannabis-strains>.
- Carciochi, R. A., Galván D'Alessandro, L. and Manrique, G. D. (2016) 'Effect of roasting conditions on the antioxidant compounds of quinoa seeds', *International Journal of Food Science & Technology*, 51(4), pp. 1018–1025. doi: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13061>.
- CBDGreece (no date) *Τι είναι CBD*; Available at: <https://www.cbdgreece.gr/τι-είναι-το-CBD>.
- CBDOIL (2018) *Τι είναι τα τερπένια και ποιος είναι ο ρόλος τους*; Available at:
<https://cbdoilshop.gr/ti-einai-ta-terpenia-kai-poiος-einai-o-rolος-toys/>.
- Chandan, R. C. (no date) 'Dairy Ingredients for Food Processing: An Overview', in *Dairy Ingredients for Food Processing*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 3–33. doi:
<https://doi.org/10.1002/9780470959169.ch1>.
- Chieh, C. (2006) 'Water', in *Bakery Products*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 211–232. doi:
<https://doi.org/10.1002/9780470277553.ch11>.
- CHIRIFE, J. and IGLESIAS, H. A. (1978) 'Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 — a review', *International Journal of Food Science & Technology*, 13(3), pp. 159–174. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb00792.x>.
- Chung, O. K., Pomeranz, Y. and Finney, K. F. (1978) 'Wheat Flour Lipids in Breadmaking', *Cereal Chemistry*, pp. 598–618.
- Curti, E. *et al.* (2013) 'Effect of the addition of bran fractions on bread properties', *Journal of Cereal Science*, 57(3), pp. 325–332. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.12.003>.
- Curti, E. *et al.* (2014) 'Bread staling: Effect of gluten on physico-chemical properties and molecular mobility', *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), pp. 418–425. doi:
[10.1016/j.lwt.2014.04.057](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.057).

DATA BRIDGE (2020) *Global Industrial Hemp Market – Industry Trends and Forecast to 2027*. Available at: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-industrial-hemp-market>.

Díaz-Ramírez, M. *et al.* (2016) ‘Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake’, *Food Hydrocolloids*, 61, pp. 633–639. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.020.

Ding, S. *et al.* (2019) ‘Evaluation of specific volume, texture, thermal features, water mobility, and inhibitory effect of staling in wheat bread affected by maltitol’, *Food Chemistry*, 283, pp. 123–130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.045>.

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.

Donovan, J. W. (1977) ‘A study of the baking process by differential scanning calorimetry’, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(6), pp. 571–578. doi: 10.1002/jsfa.2740280616.

Duan, X. *et al.* (2018) ‘Effect of oxidative modification on structural and foaming properties of egg white protein’, *Food Hydrocolloids*, 75, pp. 223–228. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.08.008.

Ertas, N. and Aslan, M. (2020) ‘Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour’, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 19, pp. 177–184. doi: 10.17306/J.AFS.0795.

Esteller, M. S. and Lannes, S. C. S. (2008) ‘Production and characterization of sponge-dough bread using scalded rye’, *Journal of Texture Studies*, 39(1), pp. 56–67. doi: 10.1111/j.1745-4603.2007.00130.x.

Europa, H. (2019) *Time to get acquainted with the industrial hemp revolution in Europe*.

Available at: <https://www.healtheuropa.eu/industrial-hemp-revolution/92912/>.

EUROPE, C. O. (2019) *Should Hemp Extracts Be Considered Novel Food?*

Europe, E. M. C. for D. and D. A. (2013) *Cannabis Sativa L.*

[https://publications.europa.eu/resource/cellar/c0703c01-0d38-11e7-8a35-](https://publications.europa.eu/resource/cellar/c0703c01-0d38-11e7-8a35-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1)

[01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1](https://publications.europa.eu/resource/cellar/c0703c01-0d38-11e7-8a35-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1).

Farrera-Rebollo, R. R. *et al.* (2012) ‘Evaluation of Image Analysis Tools for Characterization of Sweet Bread Crumb Structure’, *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), pp. 474–484. doi: 10.1007/s11947-011-0513-y.

Fiorini, D. *et al.* (2019) ‘Valorizing industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) by-products: Cannabidiol enrichment in the inflorescence essential oil optimizing sample pre-treatment prior to distillation’, *Industrial Crops and Products*, 128(November 2018), pp. 581–589. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.10.045.

Frassinetti, S. *et al.* (2018) ‘Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa L.*) seeds and sprouts’, *Food Chemistry*, 262(April), pp. 56–66. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.04.078.

Gao, J. *et al.* (2017) ‘Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 2. Yeast activity, dough proofing and bread quality’, *Journal of Cereal Science*, 77, pp. 275–283. doi: 10.1016/j.jcs.2017.08.015.

Gélinas, P. (2006) ‘Yeast’, in *Bakery Products*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 173–192. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470277553.ch9>.

Giatroudakis, E. (2020) ‘Η Νομοθεσία για την Κάνναβη στην Ελλάδα, Καλλιέργεια & Φαρμακευτική Χρήση’.

Gobbetti, M. and Gänzle, M. (2013) *Handbook on sourdough biotechnology, Handbook on Sourdough Biotechnology*. doi: 10.1007/978-1-4614-5425-0.

Goesaert, H. *et al.* (2005) ‘Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality’, *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), pp. 12–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011>.

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.

Greece Cannabis Market (no date). Available at: <https://cannabusinessplans.eu/greece-cannabis-market/>.

Gunnells, S. (2020) *The History of Hemp: From Ancient Origins to an American Industry*. Available at: <https://www.remedyreview.com/health/history-of-hemp/>.

GVR, G.-V.-R. (2020) *Industrial Hemp Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Seeds, Fiber, Shives), By Application (Animal Care, Textiles, Food & Beverages, Personal Care), And Segment Forecasts, 2020 - 2027*. Available at: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/industrial-hemp-market>.

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.

Hedayati, S. and Mazaheri Tehrani, M. (2018) ‘Effect of total replacement of egg by soymilk and lecithin on physical properties of batter and cake’, *Food Science and Nutrition*, 6(4), pp. 1154–1161. doi: 10.1002/fsn3.656.

Hempika (2019) *This is why hemp protein is considered the best vegetable protein source*. Available at: <https://hempika.com/hemp-protein/>.

Hirpara Krupa (2011) ‘Synergy of dairy with non-dairy Ingredients or product: A review’, *African Journal of Food Science*, 5(16). doi: 10.5897/ajfsx11.003.

- Huang, L. *et al.* (2019) 'Impact of tempeh flour on the rheology of wheat flour dough and bread staling', *Lwt*, 111(November 2018), pp. 694–702. doi: 10.1016/j.lwt.2019.04.004.
- Hudak, J. (2018) *The Farm Bill, hemp legalization and the status of CBD*. Available at: <https://www.brookings.edu/blog/fixgov/2018/12/14/the-farm-bill-hemp-and-cbd-explainer/>.
- Hutkins, R. W. (2006) '8 Bread Fermentation "...', pp. 261–299.
- Iuga, M. *et al.* (2020) 'Impact of Dairy Ingredients on Wheat Flour Dough Rheology and Bread Properties', *Foods*, 9(6). doi: 10.3390/foods9060828.
- 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.
- Kenny, S. *et al.* (2000) 'Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: Effects on dough rheology and bread quality', *European Food Research and Technology*, 210(6), pp. 391–396. doi: 10.1007/s002170050569.
- Korus, A. *et al.* (2017) 'Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites', *European Food Research and Technology*, 243(8), pp. 1429–1438. doi: 10.1007/s00217-017-2853-y.
- 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.
- Kumar, A. *et al.* (2021) 'Impact of UV-C irradiation on solubility of Osborne protein fractions in wheat flour', *Food Hydrocolloids*, 110(March 2020), p. 105845. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.105845.
- Lafka, T.-I. *et al.* (2013) 'Phenolic Extracts from Wild Olive Leaves and Their Potential as Edible Oils Antioxidants', *Foods*, 2(1), pp. 18–31. doi: 10.3390/foods2010018.

- 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.
- Lai, H.-M. and Lin, T.-C. (2006) ‘Bakery Products: Science and Technology’, in *Bakery Products*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 3–68. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470277553.ch1>.
- Lazos E. & Lazou A. (2016a) *Cereal Science & Technology*. Athens: Papazisis Publications.
- Lazos E. & Lazou A. (2016b) *Επεξεργασία Τροφίμων 2*. Athens: Papazisis Publications.
- Lazos E. & Lazou A. (2016c) *Επιστήμη και Τεχνολογία Σιτηρών*. Athens: Papazisis Publications.
- Lazou, A. (2011) *Μελέτη ιδιοτήτων τροφίμων εκβολής*. National Technical University of Athens. Available at: <https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/26530#page/1/mode/1up>.
- Lazou, A. *et al.* (2020) ‘Thermal properties of Corinthian currant pastes as affected by storage’, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), pp. 1–10. doi: 10.1111/jfpp.14755.
- 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.
- Leson, G. (2003) ‘Nutritional Profile and Benefits of Hemp Seed , Nut and Oil’, pp. 2002–

2003.

Lewicki, P. P. (1997) 'The applicability of the GAB model to food water sorption isotherms', *International Journal of Food Science and Technology*, 32(6), pp. 553–557. doi:

10.1111/j.1365-2621.1997.tb02131.x.

Linchpinseo (2019) *Trends That Will Transform The Cannabis And CBD Industry Outlook In 2020*. Available at: <https://linchpinseo.com/trends-in-the-cannabis-industry/>.

Luchian, M. I. and Canja, C. M. (2010) 'Effect of salt on gas production in bread dough', *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 3(52), pp. 1–4.

Made By Hemp (2019) *History of Hemp: A Comprehensive Look at the Past and Future*. Available at: <https://madebyhemp.com/history-hemp-comprehensive-look-past-future/>.

Malomo, S. A. and Aluko, R. E. (2015) 'A comparative study of the structural and functional properties of isolated hemp seed (*Cannabis sativa* L.) albumin and globulin fractions', *Food Hydrocolloids*, 43, pp. 743–752. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.08.001.

Mariotti, M. and Lucisano, M. (2014) 'Sugar and Sweeteners', in *Bakery Products Science and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 199–221. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch11>.

Maroulis, Z. B. *et al.* (1988) 'Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits', *Journal of Food Engineering*, 7(1), pp. 63–78. doi: 10.1016/0260-8774(88)90069-6.

Martins, Z. E., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2017) 'Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products', *Trends in Food Science & Technology*, 67, pp. 106–128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>.

Mattie (no date) *How to Veganize a Cake Recipe - The Food Science behind Vegan Cakes*. Available at: <http://www.veganbaking.net/articles/guides/how-to-veganize-a-cake-recipe>.

- 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.
- Miranda-Ramos, K. C., Sanz-Ponce, N. and Haros, C. M. (2019) 'Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour', *LWT*, 114, p. 108418. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108418>.
- Mondal, A. and Datta, A. K. (2008) 'Bread baking – A review', *Journal of Food Engineering*, 86(4), pp. 465–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>.
- Mordor Intelligence (no date a) *BAKERY INGREDIENTS MARKET - GROWTH, TRENDS, AND FORECASTS (2019 - 2024)*. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-bakery-ingredients-market-industry>.
- Mordor Intelligence (no date b) *BAKERY PRODUCTS MARKET - GROWTH, TRENDS, COVID-19 IMPACT, AND FORECASTS (2021 - 2026)*. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bakery-products-market>.
- Moser, S. (2019) *The European Cannabis Market Landscape in 2019*. Available at: <https://straininsider.com/the-european-cannabis-market-landscape-in-2019/>.
- 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.
- novel foods, E. C. (2019) *Cannabis sativa L.*
- Onyango, C. *et al.* (2020) 'Physico-chemical properties of flour, dough and bread from wheat and hydrothermally-treated finger millet', *Journal of Cereal Science*, 93, p. 102954. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102954>.

- Oreopoulou, V. (2006) 'Fat Replacers', in *Bakery Products*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 193–210. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470277553.ch10>.
- Pejcz, E., Mularczyk, A. and Gil, Z. (2015) 'Technological characteristics of wheat and non-cereal flour blends and their applicability in bread making', *Journal of Food and Nutrition Research*, 54(1), pp. 69–78.
- Petrusha, O., Daschynska, O. and Shulika, A. (2017) 'Development of the measurement method of porosity of bakery products by analysis of digital image', *Technology audit and production reserves*, 2(3(40)), pp. 61–66. doi: 10.15587/2312-8372.2018.129520.
- 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.
- Polaki, A. *et al.* (2010) 'Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread', *Journal of Food Engineering*, 97(1), pp. 1–7. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.04.031.
- Poniatowska, J. *et al.* (2019) 'Contribution of Polish agrotechnical studies on *Cannabis sativa* L. to the global industrial hemp cultivation and processing economy', *Herba Polonica*, 65(2), pp. 37–50. doi: 10.2478/hepo-2019-0012.
- Quirijns, E. J. *et al.* (2005) 'Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), pp. 1805–1814. doi: 10.1002/jsfa.2140.
- Rupasinghe, H. P. V. *et al.* (2020) 'Industrial Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) as an Emerging Source for Value-Added Functional Food Ingredients and Nutraceuticals', *Molecules*, 25(Figure 1), pp. 1–24.
- Sacchetti, G. *et al.* (2004) 'Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like

products’, *Food Research International*, 37(5), pp. 527–534. doi:

10.1016/j.foodres.2003.11.009.

Saric, B. *et al.* (2014) ‘The influence of baking time and temperature on characteristics of gluten free cookies enriched with blueberry pomace’, *Food and Feed Research*, 41(1), pp. 39–46. doi: 10.5937/ffr1401039s.

doi: 10.5937/ffr1401039s.

Setyaningsih, D. N. *et al.* (2019) ‘The influence of baking duration on the sensory quality and the nutrient content of mung bean biscuits’, *Food Research*, 3(6), pp. 777–782. doi:

10.26656/fr.2017.3(6).089.

Shehzad, A. *et al.* (2012) ‘Energetical and rheological approaches of wheat flour dough mixing with a spiral mixer’, *Journal of Food Engineering*, 110(1), pp. 60–70. doi:

10.1016/j.jfoodeng.2011.12.008.

Smith, J. P. *et al.* (2004) ‘Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products—A Review’, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1), pp. 19–55. doi:

10.1080/10408690490263774.

SMITH, P. R. and JOHANSSON, J. (2004) ‘INFLUENCES OF THE PROPORTION OF SOLID FAT IN A SHORTENING ON LOAF VOLUME AND STALING OF BREAD’, *Journal of Food Processing and Preservation*, 28(5), pp. 359–367. doi:

<https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2004.23079.x>.

Soltanizadeh, N. *et al.* (2014) ‘Solid-State Protein–Carbohydrate Interactions and Their Application in the Food Industry’, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*,

13(5), pp. 860–870. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12089>.

Song, Y. and Zheng, Q. (2007) ‘Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins’, *Trends in Food Science & Technology*, 18(3), pp. 132–138. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.11.003>.

- Sorrentino, G. (2021) 'Introduction to emerging industrial applications of cannabis (*Cannabis sativa* L.)', *Rendiconti Lincei*. doi: 10.1007/s12210-021-00979-1.
- 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.
- Stauffer, C. E. (1993) 'Advanced in Baking Technology'.
- Stavale, M. D. O., Botelho, R. B. A. and Zandonadi, R. P. (2019) 'Apple as sugar substitute in cake', *Journal of Culinary Science & Technology*, 17(3), pp. 224–231. doi: 10.1080/15428052.2018.1428708.
- Stoin, D. *et al.* (2012) 'Studies regarding the obtaining of some bread varieties with a high content of dietary fiber', 18(4), pp. 350–357.
- Struyf, N. *et al.* (2017) 'Bread Dough and Baker's Yeast: An Uplifting Synergy', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), pp. 850–867. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12282>.
- Švec, I. and Hrušková, M. (2013) 'Crumb evaluation of bread with hemp products addition by means of image analysis', *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(6), pp. 1867–1872. doi: 10.11118/actaun201361061867.
- 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.
- Tuoc, T. and Glasgow, S. (2012) 'On the texture profile analysis test', *Quality of life through chemical engineering*, (October), pp. 749–760.
- Veraverbeke, W. S. and Delcour, J. A. (2002) 'Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(3), pp. 179–208. doi: 10.1080/10408690290825510.

Vodolazska, D. and Lauridsen, C. (2020) ‘Erratum: Effects of dietary hemp seed oil to sows on fatty acid profiles, nutritional and immune status of piglets(Journal of Animal Science and Biotechnology DOI: 10.1186/s40104-020-0429-3)’, *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1), pp. 1–18. doi: 10.1186/s40104-020-00452-3.

Vosper, J. (2011) ‘The Role of Industrial Hemp and Carbon Farming | Hemp | Cellulose’, p. 16. Available at: <https://www.scribd.com/document/380976864/The-role-of-industrial-hemp-and-carbon-farming>.

WANG, H. J. and THOMAS, R. L. (1989) ‘Direct Use of Apple Pomace in Bakery Products’, *Journal of Food Science*, 54(3), pp. 618–620. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb04665.x>.

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.

Wang, R., Zhou, W. and Isabelle, M. (2007) ‘Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation’, *Food Research International*, 40(4), pp. 470–479. doi: 10.1016/j.foodres.2006.07.007.

Weedmaps (no date) *How to identify indica and sativa plants*. Available at: <https://weedmaps.com/learn/the-plant/indica-vs-sativa-charts>.

Wilderjans, E. *et al.* (2008) ‘The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends’, *Food Chemistry*, 110(4), pp. 909–915. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.02.079.

Wrenn, C. L. (2019) ‘The Vegan Society and social movement professionalization, 1944–2017’, *Food and Foodways*, 27(3), pp. 190–210. doi: 10.1080/07409710.2019.1646484.

Yan, X. *et al.* (2015) ‘Characterization of Lignanamides from Hemp (*Cannabis sativa* L.)

- Seed and Their Antioxidant and Acetylcholinesterase Inhibitory Activities’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(49), pp. 10611–10619. doi: 10.1021/acs.jafc.5b05282.
- Yazici, G. N. and Ozer, M. S. (2021) ‘A review of egg replacement in cake production: Effects on batter and cake properties’, *Trends in Food Science and Technology*, 111(March), pp. 346–359. doi: 10.1016/j.tifs.2021.02.071.
- Yen, G. C. and Duh, P. Der (1994) ‘Scavenging Effect of Methanolic Extracts of Peanut Hulls on Free-Radical and Active-Oxygen Species’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(3), pp. 629–632. doi: 10.1021/jf00039a005.
- YIN, J. *et al.* (2021) ‘Use of two-stage dough mixing process in improving water distribution of dough and qualities of bread made from wheat–potato flour’, *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), pp. 300–310. doi: 10.1016/S2095-3119(20)63433-5.
- Zanoni, B., Peri, C. and Gianotti, R. (1995) ‘Determination of the thermal diffusivity of bread as a function of porosity’, *Journal of Food Engineering*, 26(4), pp. 497–510. doi: [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)00073-I](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)00073-I).
- Zhang, J. and Datta, A. K. (2006) ‘Mathematical modeling of bread baking process’, *Journal of Food Engineering*, 75(1), pp. 78–89. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.03.058.
- Zhou, W., Therdthai, N. and Hui, Y. H. (2014) ‘Introduction to Baking and Bakery Products’, in *Bakery Products Science and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 1–16. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch1>.