

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ**



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΣΤΑ “ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ”**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΚΑΛΑΜΠΟΓΚΟΦΡΕΤΑΣ

ΠΑΛΑΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ , ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΓΕΩΠΟΝΟΣ

21012

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΡΙΤΖΟΥΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2022

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΑ “ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΚΑΛΑΜΠΟΓΚΟΦΡΕΤΑΣ

Υποβλήθηκε στο τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας
Τροφίμων

Τομέας Γεωτεχνικών Επιστημών

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων: Χρήστος Ριτζούλης, Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης και
Τεχνολογίας Τροφίμων Δι.ΠΑ.Ε

Μέλος: Δημήτριος Πετρίδης, Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης και
Τεχνολογίας Τροφίμων Δι.ΠΑ.Ε

Μέλος: Αθανάσιος Γούλας, Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης και
Τεχνολογίας Τροφίμων Δι.ΠΑ.Ε

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βαθέων τον επιβλέποντα κο Ριτζούλη Χρήστο, καθηγητή του Τομέα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων και τον κο Πετρίδη Δημήτριο για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν, για τις συμβουλές τους, την καθοδήγησή τους και την άριστη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής εργασίας.

Ακόμη οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην ομάδα των κριτών που συμμετείχε στην Οργανοληπτική αξιολόγηση όπου με την συνεισφορά και την αντικειμενικότητά τους βοήθησαν στην ολοκλήρωση μιας πολύ σημαντικής ενότητας της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον τομέα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνές Πανεπιστημίου Ελλάδος για τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις που μου διέθεσε.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου για την οικονομική και όχι μόνο στήριξη που μου έδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	10
2.1 Χρήση καλαμποκιού	10
2.1.2 Διατροφική αξία του καλαμποκιού	10
2.1.3 Φαρμακευτική αξία καλαμποκιού.....	11
2.2 Χρήση αλατιού	12
2.2.1 Σύσταση και ιδιότητες.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	14
4.1 Υλικά	14
4.1.1 Πρώτη ύλη	14
4.1.2 Αντιδραστήρια	14
4.1.3 Όργανα.....	14
4.2 Επεξεργασία	15
4.3 Μέθοδοι Ανάλυσης	15
4.3.1 Προσδιορισμός χρωματικών παραμέτρων	15
4.3.2 Μέτρηση υφής.....	17
4.3.3 Στατιστική ανάλυση.....	19
4.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση	19
4.4.1 Επιλογή μεθόδου οργανοληπτικής αξιολόγησης	19
4.4.2 Επιλογή των κριτών	20
4.4.3 Παράμετροι οργανοληπτικής αξιολόγησης.....	20
4.4.4 Φυλλάδιο οργανοληπτικής αξιολόγησης.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	24
5.1 Αποτελέσματα μηχανικών χαρακτηριστικών με την Μέθοδο Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)	24
5.2 Αποτελέσματα οργανοληπτικών χαρακτηριστικών με τη Μέθοδο Κλίμακας Μέγιστων Συχνοτήτων (Max-Diff)	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	34

Περιεχόμενο Εικόνων

Εικόνα 1. Καλαμπόκι	11
Εικόνα 2. Αλάτι	12
Εικόνα 3. Χρωματόμετρο (MetaVue x-rite).....	16
Εικόνα 4. Αναλυτής υφής (TPA)	17
Εικόνα 5. Υπολογισμός παραμέτρων ανάλυσης υφής (TPA)	18

Περιεχόμενο Σχημάτων

Σχήμα 1. Γράφημα των δυο κύριων συνιστωσών με βάση τα παραγοντικά φορτία των μεταβλητών	29
Σχήμα 2 Οι παράμετροι εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο της κλίμακας μέγιστων συχνοτήτων Μέγιστου-Ελάχιστου (Max-Diff).....	31

Περιεχόμενο Πινάκων

Πίνακας 1. Έννοια χρωματικών παραμέτρων.....	16
Πίνακας 2. Επεξεργασίες ψησίματος καλαμποκοφρετών, μηχανικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων.....	27
Πίνακας 3. Πίνακας συσχετίσεων κατά ζεύγη των μεταβλητών. Επιλέξιμες συσχετίσεις μεγαλύτερες από $\pm 0,60$	28
Πίνακας 4. Μήτρα συντελεστών συσχέτισης (παραγοντικών φορτίων) των μεταβλητών με τους κύριους άξονες. Συσχετίσεις μεγαλύτερες από $\pm 0,60$ (Συνιστώσα 1 και Συνιστώσα 2) δείχνονται με σκίαση.	28

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η ανάπτυξη νέων καλαμπογοφρετών και εξέταση των φυσικοχημικών (χρώμα και υφή) και των οργανοληπτικών τους παραμέτρων. Για την παρασκευή των καλαμπογοφρετών χρησιμοποιήθηκαν οι θερμοκρασίες ψησίματος 260°C, 270°C και 280°C, πιέσεις 120bar, 140bar και 160bar και χρόνοι ψησίματος 7,4sec, 8,5sec και 9,6sec. Σύμφωνα με τα ευρήματα αυτής της μελέτης, οι καλαμπογοφρέτες με τις υψηλότερες θερμοκρασίες ψησίματος εμφάνισαν λιγότερο φωτεινές και κίτρινες αποχρώσεις (χαμηλότερες τιμές L* και b*) σε σύγκριση με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες ψησίματος. Οι παρασκευές υψηλότερων θερμοκρασιών και χρόνων ψησίματος παρουσίασαν υψηλότερη σκληρότητα, λιγότερη ελαστικότητα, μασητικότητα, συνεκτικότητα και ευθραυστότητα και περισσότερη τραγανότητα σε σύγκριση με τα δείγματα καλαμπογοφρετών με χαμηλότερη θερμοκρασία και χρόνο ψησίματος. Η οργανοληπτική αξιολόγηση τους έδειξε ότι οι δοκιμαστές εντόπισαν σχετικά σκληρή υφή, με ουδέτερα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά στο προϊόν της ενδιάμεσης θερμοκρασίας, της χαμηλής πίεσης και μικρότερου χρόνου ψησίματος, ωστόσο ήταν το πιο αρεστό. Επιπλέον, με την αύξηση της θερμοκρασίας και του χρόνου ψησίματος, οι καλαμπογοφρέτες παρουσίαζαν πιο σκούρο χρώμα (καφετί), χρειαζόντουσαν λιγότερα δαγκώματα προκειμένου να ολοκληρωθεί η μάσηση, ήταν πιο εύθραυστες και λιγότερο τραγανές. Τελικά, η ενδιάμεση θερμοκρασία ψησίματος και ο ελάχιστος χρόνος ψησίματος οδήγησαν σε προϊόντα με αποδεκτή υφή και επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Λέξεις – Κλειδιά: θερμική επεξεργασία (ψήσιμο), πίεση (bar), χρόνος (t), χρώμα, υφή, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

ABSTRACT

The purpose of this dissertation was to development and examine the physicochemical properties (color and texture) and sensory parameters of corn wafers. Baking was conducted at various temperature 260°C, 270°C and 280°C, pressures 120bar, 140bar and 160bar and baking times 7,4sec, 8,5sec and 9,6sec. According to the findings of this study, corn wafers baked at higher temperatures exhibited less bright and yellow hues (lower L* and b* values) compared to lower baking temperatures. The produces of higher temperatures and baking times resulted in increased hardness, reduced elasticity, chewiness, cohesiveness, and increased crispiness compared to corn wafers baked at lower temperatures and times. Sensory evaluation of the corn wafers showed that the samples baked at intermediate temperature, low pressure, and baking time were the most preferred, with a relatively firm texture and neutral characteristics. Furthermore, with an increase in temperature and baking time, the corn wafers had a darker color (brown), required fewer bites to complete mastication, were more brittle, and less crispy. In conclusion, intermediate baking temperature and minimal baking time led to products with acceptable texture, desirable sensory attributes.

Keywords: thermal processing (baking), pressure (bar), time (t), color, texture, sensory characteristics

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δημητριακά καλύπτουν ένα σημαντικό ποσοστό των αναγκών του παγκόσμιου πληθυσμού σε ενέργεια, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και μικροθρεπτικά συστατικά. Ένα πρωινό γεύμα με σπόρους δημητριακών περιέχει υψηλό επίπεδο μικροθρεπτικών και μακροθρεπτικών συστατικών σε σύγκριση με τα τρόφιμα που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια πρωινού χωρίς δημητριακά. Οι τροφές με βάση τα δημητριακά, όπως αυτές που παράγονται από το καλαμπόκι, παρέχουν σύνθετους υδατάνθρακες, οι οποίοι είναι το καλύτερο καύσιμο για το σώμα και είναι χαμηλά σε λιπαρά και σάκχαρα και κατάλληλα για χορτοφάγους και vegans. Επίσης, θεωρούνται ικανοποιητικά μικρά γεύματα για ανθρώπους που θέλουν να προσέχουν την διατροφή τους. Περιέχουν 37 θερμίδες ανά μερίδα, υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, καθώς είναι πλούσια και σε εδώδιμες ίνες. Επιπλέον, παρέχουν τις τέσσερις βασικές βιταμίνες του συμπλέγματος Β όπως θειαμίνη, νιασίνη, ριβοφλαβίνη, παντοθενικό οξύ και σελήνιο.

Υποστηρίζεται επίσης ότι η αρκετή ποσότητα σεληνίου που περιέχουν βοηθά στη βελτίωση θυρεοειδούς αδένος και παίζουν σημαντικό ρόλο στη καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Επίσης, είναι ισχυρό αντιοξειδωτικό που προστατεύει τον οργανισμό από βλάβες των ελεύθερων ριζών που είναι υπεύθυνες για τη κυτταρική βλάβη ή τον καρκίνο. Έχει τη δυνατότητα να ανακουφίζει τον πόνο και να καταλαμβάνει την αναλγητική δράση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Χρήση καλαμποκιού

Το καλαμπόκι ή αλλιώς αραβόσιτος (*Zea mays L.*), είναι ετήσια καλλιέργεια και ανήκει στην οικογένεια των Ποοειδών (Poaceae) ή Αγρωστωδών (Gramineae).

Κατάγεται από την αμερικανική ήπειρο και θεωρείται ως η αρχαιότερη ποικιλία. Εκτός από την Αμερική, το καλαμπόκι καλλιεργείται και σε άλλες χώρες, όπως Ινδία, Ταϊλάνδη, Πακιστάν, Κίνα και σε αρκετές χώρες των Φιλιππίνων. Θεωρείται ως βασικό είδος διατροφής σε ορισμένα νησιά και επαρχίες, όπως επίσης, είναι ευρέως γνωστό ότι καλλιεργείται σε τροπικές περιοχές με καλά στραγγισμένο γόνιμο έδαφος (Mills., 1994).

Είναι το πιο διαδεδομένο φυτό στον κόσμο και ταξινομείται ανάλογα με την έκταση του αμύλου που περιέχει. Έχει σύντομο κύκλο ζωής και απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες για τη διαχείρισή του. Επίσης, είναι πολύτιμη ζωοτροφή, χρησιμοποιείται για τα ανθρώπινα τρόφιμα και ως πρώτη ύλη για διάφορες βιομηχανίες (Piperino and Flannery., 2001).

Το λάδι που υπάρχει στο καλαμπόκι χρησιμοποιείται εκτεταμένα στη μαγειρική αλλά και στη παρασκευή σαπουνιών. Η κολλώδης ουσία του περιέχει δεξτρίνη και χρησιμοποιείται για τη σφράγιση φακέλων και ετικετών. Επίσης, το άμυλο καλαμποκιού είναι αναγνωρισμένο για τη χρήση του σε καλλυντικά και φαρμακευτικά προϊόντα. Οι σπόροι του καλαμποκιού είναι λειτουργικοί στη παραγωγή και οι ίνες του είναι κατάλληλες για τη κατασκευή χαρτιού (Dilip Kumar and Aditya Narayan Jhariya., 2013).

2.1.2 Διατροφική αξία του καλαμποκιού

Οι σπόροι του καλαμποκιού είναι το μέρος του με τα περισσότερα θρεπτικά και βρώσιμα συστατικά, μπορούν να καταναλωθούν ωμοί και σε μαγειρεμένη μορφή, η οποία είναι και καλή πηγή υδατανθράκων (Dilip Kumar and Aditya Narayan Jhariya., 2013).

Το καλαμπόκι περιέχει σύμπλεγμα βιταμινών Β, όπως Β1 (θειαμίνη), Β2

(νιασίνη), Β3 (ριβοφλαβίνη), Β5 (παντοθενικό οξύ) και Β6, η οποία είναι κατάλληλη για τα μαλλιά, το δέρμα, την πέψη, την καρδιά και τον εγκέφαλο. Επίσης, περιέχει βιταμίνη C, Α και Κ μαζί με μεγάλη ποσότητα βήτα καροτίνης, αρκετή ποσότητα σεληνίου, το οποίο βοηθά στη βελτίωση θυρεοειδούς αδένος και στη καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος (Breadley., 1992).

Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και λίπος σε σύγκριση με άλλα δημητριακά. Επίσης, άλλα μέρη του καλαμποκιού, όπως το μετάξι, περιέχει μαιζερικό οξύ, σταθεροποιημένα έλαια, ρητίνη, ζάχαρη, βλέννα, αλάτι, ίνες και κρίνεται απαραίτητο για τη διατροφή του ανθρώπινου οργανισμού. Οι φυτοχημικοί δευτερογενείς μεταβολιτές, όπως είναι η σαπωνίνη, αλλαντοΐνη, στερόλη, στιγμαστερόλη, αλκαλοειδή, ορδενίνη και πολυφαινόλες βρίσκονται στα φύλλα, στους σπόρους αλλά και στο μετάξι του καλαμποκιού (Dilip Kumar and Aditya Narayan Jhariya., 2013).

2.1.3 Φαρμακευτική αξία καλαμποκιού

Το καλαμπόκι συνηθίζεται από τα παλιά χρόνια, να χρησιμοποιείται για την ανορεξία, γενικές αδυναμίες, αδυνάτισμα και αιμορροΐδες. Είναι ισχυρό αντιοξειδωτικό που προστατεύει τον οργανισμό από βλάβες των ελεύθερων ριζών που είναι υπεύθυνες για τη κυτταρική βλάβη ή τον καρκίνο. Έχει τη δυνατότητα να ανακουφίζει τον πόνο και να καταλαμβάνει την αναλγητική δράση (Owoyele and Negedu., 2010)

Επίσης, βελτιώνει τα συμπτώματα των ρευματισμών όπως το σύμπλεγμα Β, το οποίο είναι ικανό να καλυτερέψει τη κινητικότητα των αρθρώσεων. Τέλος, το κύριο θρεπτικό συστατικό του μεταξιού καλαμποκιού είναι το κάλιο, που είναι ισχυρά διουρητικό και χρησιμοποιείται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες για την αντιμετώπιση των ουρολιθώξεων και πέτρας στα νεφρά (Lans., 2006).



Εικόνα 1. Καλαμπόκι

2.2 Χρήση αλατιού

2.2.1 Σύσταση και ιδιότητες

Το αλάτι αποτελείται από 97% έως 99% χλωριούχο νάτριο (NaCl). Στο εμπόριο, το αλάτι κυκλοφορεί με προσμείξεις, κυρίως ιωδιούχο κάλιο (KI), για τον λόγο αυτό έχει πικρή γεύση και είναι αρκετά υγροσκοπικό. Συνήθως, περιέχει αργιλιονάτριο (E554) όπου ανήκει στα αντισυσσωματωτικά.

Είναι απαραίτητο για τη ζωή όλων των ζώων, καθώς και του ανθρώπου. Το νάτριο είναι το κύριο κατιόν στο πλάσμα του αίματος, στα κύτταρα του σώματος και σε όλα τα σωματικά υγρά. Καταπίνεται από κάθε ζωντανό οργανισμό και απεκκρίνεται από τα ούρα, τα περιττώματα και τον ιδρώτα. Επίσης, η ρύθμιση του νατρίου μέσα στο σώμα διατηρεί την οσμωτική πίεση και την ισορροπία του όγκου των κυκλοφορούντων σωματικών υγρών (Denton., 1982).

Το αλάτι χρησιμοποιείται στην προσθήκη των τροφίμων προκειμένου να γίνουν πιο εύγευστα. Εκτός από την προσθήκη γεύσης στα τρόφιμα, χρησιμοποιείται και για την επεξεργασία τους. Επίσης, λειτουργεί ως συντηρητικό, παράγοντας ανάπτυξης χρώματος, συνδετικός παράγοντας, παράγοντας υφής και ελέγχου ζύμωσης. Παρέχει ένα εχθρικό περιβάλλον για ορισμένους μικροοργανισμούς στα τρόφιμα, όπως η άλμη αλατιού, η οποία αφυδατώνει τα βακτηριακά κύτταρα, μεταβάλλει την οσμωτική πίεση και αναστέλλει την ανάπτυξη των βακτηρίων και την αλλοίωση των τροφίμων (Feldman and Susan., 2000).

Επίσης, χρησιμοποιείται σε διάφορα τρόφιμα για την διαδικασία ωρίμανσης (π.χ η άλμη στα τουρσιά), σε θερμοκρασία ψύξης για την αποφυγή ανάπτυξης μούχλας και ζυμομυκήτων. Τέλος, βοηθάει στη διόγκωση της ζύμης σε αρτοσκευάσματα, συγκρατώντας το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα (Feldman and Susan., 2000).



Εικόνα 2. Αλάτι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η ανάπτυξη νέου προϊόντος καλαμπογκοφρέτας, με την εξέταση της επίδρασης των διαφορετικών μηχανικών επεξεργασιών στις φυσικοχημικές παραμέτρους του χρώματος και της υφής, καθώς επίσης και η μελέτη της επίδρασης των μηχανικών επεξεργασιών στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Υλικά

4.1.1 Πρώτη ύλη

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν καλαμπογοφρέτες με διαφορετικές μηχανικές επεξεργασίες και διαφορετικές ρυθμίσεις στην κάθε μία. Το καλαμπόκι προμηθεύτηκε από την εταιρία Tettix S.A (Δημήτριος Αποστολόπουλος, Αθήνα, Ελλάδα) και το αλάτι από την εταιρία Αλάτι Sindos (Βασίλειος Μάγειρας, Βι.Πε. Σίνδου, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα).

4.1.2 Αντιδραστήρια

Όλα τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη ερευνητική δραστηριότητα ήταν αναλυτικής καθαρότητας και παρασκευάστηκαν από την Sigma-Aldrich(St Louis, MO).

4.1.3 Όργανα

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα:

- Μηχανή ψησίματος για την παρασκευή τελικού προϊόντος καλαμπογοφρέτας (Model SYP 9502, Shinyoung Mechanics Co., Ltd, Korea).
- Συσκευή TA.XTplus Texture Analyzer της εταιρίας Stable Micro Systems (Vienna Court Lammas Road Godalming Surrey GU7 1YL United Kingdom) για την ανάλυση του προφίλ υφής των προϊόντων.
- Χρωματόμετρο (MetaVue x-rite) της εταιρίας (X-rite Pantone)

4.2 Επεξεργασία

Η επεξεργασία των δειγμάτων έγινε χειρωνακτικά και ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Βήμα 1^ο:

Ζυγίστηκαν στερεά (καλαμπόκι, αλάτι) και υγρά (νερό) και εν συνεχεία αναδεύτηκαν στο μίξερ.

Βήμα 2^ο:

Τοποθετήθηκαν όλα τα συστατικά σε πλαστικό σκεύος και αναδεύτηκαν για 10 min.

Βήμα 3^ο:

Ξεκούραση του μίγματος για 10 min.

Βήμα 4^ο:

Επανάληψη ανάδευσης για 10 min.

Βήμα 5^ο:

Τοποθέτηση αντικολλητικής επικάλυψης teflon.

Βήμα 6^ο:

Αποθήκευση μίγματος σε θερμοκρασία δωματίου (25 °C) για 2 ημέρες.

Βήμα 7^ο:

Ψήσιμο στη μηχανή ψησίματος (Model SYP 9502) στους 260 °C, 270 °C και 280 °C, με πιέσεις 120 bar, 140 bar και 160 bar για 7,4 sec, 8,5 sec και 9,6sec.

Οι αναλύσεις που έγιναν ήταν:

- Προσδιορισμός χρωματικών παραμέτρων
- Ανάλυση του προφίλ υφής

4.3 Μέθοδοι Ανάλυσης

4.3.1 Προσδιορισμός χρωματικών παραμέτρων

Ο προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων (**Πίνακας 1**) των καλαμποκοφρετών έγινε με το χρωματόμετρο (MetaVue x-rite) της εταιρίας (X-rite Pantone) (**Εικόνα 3**), αφού πρώτα έγινε η βαθμονόμησή του.

Για τον προσδιορισμό της τιμής κάθε παραμέτρου χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι

όροι πέντε σημείων για κάθε δείγμα (καλαμποκοφρέτας) σε θερμοκρασία δωματίου. Το ένα σημείο πάρθηκε από το κέντρο του δείγματος, ενώ τα υπόλοιπα τέσσερα σχημάτιζαν έναν νοητό σταυρό στα άκρα της καλαμποκοφρέτας. L* (άσπρο /μαύρο) (λαμπρότητα), a* (κόκκινο /πράσινο) και b* (κίτρινο /μπλε) τιμές μετρήθηκαν.

Επεξήγηση των τιμών των χρωματικών παραμέτρων του Πίνακα 4:

- L*: παίρνει τιμές από 0-100, η τιμή 0 είναι το μαύρο χρώμα και η τιμή 100 το λευκό
- a*: οι θετικές τιμές έχουν την απόχρωση του ερυθρού χρώματος, ενώ οι αρνητικές τιμές λαμβάνουν πράσινες αποχρώσεις
- b*: οι θετικές τιμές έχουν την απόχρωση του κίτρινου χρώματος, ενώ οι αρνητικές τιμές λαμβάνουν μπλε αποχρώσεις

Πίνακας 1. Έννοια χρωματικών παραμέτρων.

Παράμετρος	Σύμβολο
α) Φωτεινότητα	L*
β) Απόχρωση ερυθρού	a*
γ) Απόχρωση κίτρινου	b*



Εικόνα 3. Χρωματόμετρο (MetaVue x-rite)

4.3.2 Μέτρηση υφής

Η ανάλυση του προφίλ υφής (**Εικόνα 4**), περιλαμβάνει την προσομοίωση της διαδικασίας μάσησης, κατά την οποία το δείγμα παραμορφώνεται σε δύο κύκλους και ο κάθε κύκλος περιλαμβάνει δύο στάδια (συμπίεση του δείγματος και αποσυμπίεση). Στο πρώτο στάδιο, το έμβολο συμπιέζει το δείγμα κατεβαίνοντας προς τα κάτω, ενώ στο δεύτερο στάδιο το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση αποσυμπιέζοντάς το.

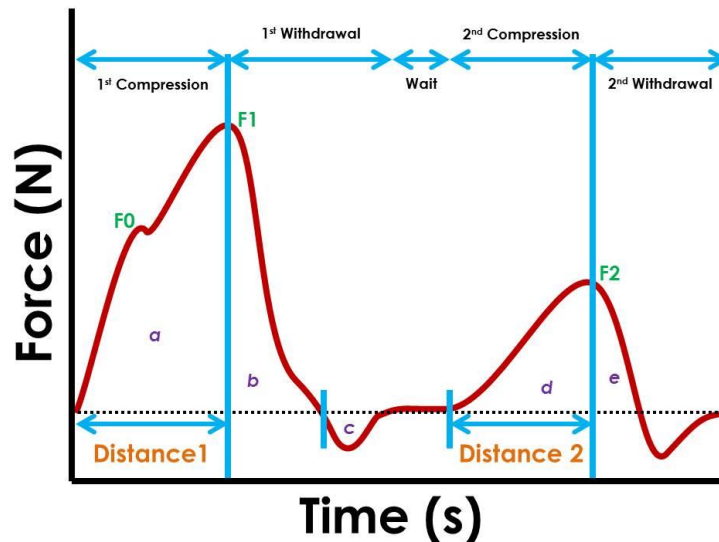


Εικόνα 4. Αναλυτής υφής (TPA)

Η παραμόρφωση του δείγματος ήταν 30% και η ταχύτητα του εμβόλου 2mm/s.

Η ανάλυση υφής πραγματοποιήθηκε με το (TA.XTplus Texture Analyzer) της εταιρίας Stable Micro Systems (Vienna Court Lammas Road Godalming Surrey GU7 1YL United Kingdom) και οι παράμετροι που μελετήθηκαν κατά την δοκιμή ήταν: ελαστικότητα, κολλητικότητα, μασητικότητα, συνεκτικότητα, σκληρότητα, ελαστικότητα % και ευθραυστότητα. Οι παράμετροι υπολογίστηκαν βάσει της δύναμης συμπίεσης σε σχέση με τον χρόνο και την απόσταση.

Οι υπολογισμοί αυτοί πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού Origin 2019b και σύμφωνα με (**Εικόνα 5**).



Εικόνα 5. Υπολογισμός παραμέτρων ανάλυσης υφής (TPA)

Υπολογίζοντας το εμβαδό (Εικόνα 5) και τις ακόλουθες πράξεις καταλήξαμε στα αποτελέσματα των παραμέτρων μας.

- Ευθραυστότητα (N) = F0

Η πρώτη σημαντική κορυφή στην πρώτη συμπίεση.

- Σκληρότητα (N) = F1

Η υψηλότερη μέγιστη δύναμη που μετρήθηκε κατά την πρώτη συμπίεση.

- Κολλητικότητα (N.s) = c
- Συνεκτικότητα = (d+e)/(a+b)

Η περιοχή κάτω από τη δεύτερη καμπύλη συμπίεσης διαιρούμενη με την περιοχή κάτω από την πρώτη καμπύλη συμπίεσης.

- Ελαστικότητα (%) = (distance 2)/(distance 1)*100 ή (time 2/ time 1)*100

Αναλογία ή ποσοστό ανάκτησης ενός προϊόντος προς το αρχικό του ύψος.

- Κολλητικότητα (N) = F1 * ((d+e)/(a+b))

Σκληρότητα * Συνεκτικότητα.

- Μασητικότητα (N) = (F1 * distance 2)/(distance 1*(d+e)/(a+b))

Σκληρότητα * Συνεκτικότητα * Ελαστικότητα.

- Ελαστικότητα = b/a

Η περιοχή κάτω από την καμπύλη μετά την επίτευξη της μέγιστης δύναμης διαιρείται με την περιοχή κάτω από την καμπύλη πριν επιτευχθεί η μέγιστη δύναμη.

4.3.3 Στατιστική ανάλυση

Εφαρμόστηκε ανάλυση κλασματικού σχεδίου Box-Behnken 3^{k-p} στις μεταβλητές, με αποτέλεσμα να διαπιστωθούν οι ενδεχόμενες επιδράσεις ανάμεσα στις μεταχειρίσεις, που συμμετείχαν τρεις παράγοντες σχεδίου με τρία επίπεδα ο κάθε παράγοντας και επτά μεταβλητές απόκρισης (**Πίνακας 2**). Οι μεταβολές στο χρώμα και στις ιδιότητες της υφής της καλαμπογκοφρέτας, τόσο στα μηχανικά όσο και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, μελετήθηκαν με τους εξής πειραματικούς παράγοντες: α) θερμοκρασία ψησίματος (3 επίπεδα), β) πίεση (3 επίπεδα) και γ) χρόνος ψησίματος (3 επίπεδα). Οι στατιστικές αναλύσεις, διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό λογισμικό Minitab 2021 και τη μορφή του σχεδίου αυτού με 15 μεταχειρίσεις (**Πίνακας 2**).

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με τη μέθοδο της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA), μέσω του στατιστικού προγράμματος Minitab 2021.

4.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση

4.4.1 Επιλογή μεθόδου οργανοληπτικής αξιολόγησης

Με την οργανοληπτική αξιολόγηση εκτιμάται η ποιότητα ενός τροφίμου χρησιμοποιώντας όλες τις αισθήσεις (γεύση, ακοή, αφή, όραση και οσμή). Στην παρούσα μελέτη, στον οργανοληπτικό έλεγχο που έγινε εκτιμήθηκαν η υφή και το χρώμα, ενώ στο τέλος αξιολογήθηκε η συνολική αρέσκεια όλων των παραπάνω παραμέτρων, κατατάσσοντας τα δείγματα με σειρά προτίμησης.

Με τη μέθοδο της περιγραφικής οργανοληπτικής αξιολόγησης, καθορίστηκαν ποιες παράμετροι ήταν σημαντικές για την αποδοχή των δειγμάτων βαθμολογώντας σε μία κλίμακα Μέγιστου-Ελάχιστου (Max-Diff).

4.4.2 Επιλογή των κριτών

Η αισθητηριακή αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε από 13 δοκιμαστές, φοιτητές από το Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος, του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Σε κάθε δοκιμαστή, σερβιρήστηκαν 3 πλαστικά πιάτα, που το κάθε ένα περιείχε 4 τυχαία τακτοποιημένα δείγματα καλαμπογοφρέτας. Οι καλαμπογοφρέτες, ήταν κωδικοποιημένες με τριψήφιο αριθμό πριν την δοκιμή τους.

Επίσης, σερβιρίστηκε εμφιαλωμένο νερό σε όλους του δοκιμαστές για το ξέπλυμα του στόματός, προτού την αλλαγή των δειγμάτων. Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους δοκιμαστές να αξιολογήσουν τις οργανοληπτικές μεταβλητές, όπως χρώμα, μασητικότητα, σκληρότητα, ευθραυστότητα, τραγανότητα και συνολικά την αποδοχή των καλαμπογοφρετών με την χρήση της κλίμακας Max-Diff (Σχήμα 2).

4.4.3 Παράμετροι οργανοληπτικής αξιολόγησης

Μελετήθηκαν τα μηχανικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των 13 μεταχειρίσεων καλαμπογοφρέτας, τα οποία παρασκευάστηκαν με διαφορετικές πιέσεις, θερμοκρασίες και χρόνους ψησίματος και 3 επίπεδα για το κάθε ένα. Η επιλογή του πειραματικού σχεδίου μίξης ακολουθήθηκε με τις εξής ιδιότητες: $t=13$ μεταχειρίσεις, $b=13$ δοκιμαστές, $k=4$ μεταχειρίσεις ανά ομάδα επιλογών, διαφορετική για κάθε δοκιμαστή, $n=4$ εμφανίσεις κάθε μεταχείρισης στο σχέδιο, $\lambda=1$ ζεύγος συνεύρεσης ίδιων μεταχειρίσεων. Το βασικό ζητούμενο της μελέτης, ήταν η ανεύρεση των περισσότερο αρεστών μεταχειρίσεων, στις οποίες μετέπειτα στηριζόταν εξειδικευμένα πλέον το νέο προφίλ ενδιαφέροντος των μεταχειρίσεων. Όπως προαναφέρθηκε, για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε η κλίμακα Μέγιστου-Ελάχιστου προς αποφυγή σύγχυσης των δοκιμαστών να βαθμολογήσουν 4 δείγματα τη φορά.

4.4.4 Φυλλάδιο οργανοληπτικής αξιολόγησης

Το φυλλάδιο του οργανοληπτικού ελέγχου, που δόθηκε στους δοκιμαστές αποτελούνταν από δύο σελίδες, στο οποίο τους ζητήθηκε να εξετάσουν οχτώ παραμέτρους. Τέλος, τους ζητήθηκε να εκφράσουν την συνολική τους αρέσκεια, ως προς τα δείγματα τα οποία δοκίμασαν και αν θα αγόραζαν τα προϊόντα που επέλεξαν ως μέγιστα αρεστά.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΥ

ΕΛΕΓΧΟΥ

ΠΡΟΪΟΝ: ΚΑΛΑΜΠΟΓΚΟΦΡΕΤΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗ:.....

1) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη(πιο ανοιχτόχρωμο) και τη μέγιστη (πιο σκουρόχρωμο) ένταση χρώματος:

Ελάχιστα Καφετί	Μέγιστα Καφετί

2) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και μέγιστη αντοχή στη μάσηση στο στόμα:

Ελάχιστη Μασητικότητα	Μέγιστη Μασητικότητα

Πόσα δαγκώματα χρειάζεστε προκειμένου να ολοκληρωθεί η μάσηση;

3) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και την μέγιστη σκληρότητα (αντοχή στο 1^ο δάγκωμα):

Ελάχιστα Σκληρό	Μέγιστα Σκληρό

4) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και μέγιστη ευθραυστότητα:

Πόσο εύκολα σπάει στα χέρια σας



Ελάχιστα Εύθραυστο	Μέγιστα Εύθραυστο

5) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και μέγιστη τραγανότητα:

Πόσο ηχηρά σπάει η γκοφρέτα στο δάγκωμα

Ελάχιστα Τραγανό	Μέγιστα Τραγανό

6) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και μέγιστη ολική αρεστότητα:

Ελάχιστα Αρεστό	Μέγιστα Αρεστό

7) Με βάση ποια χαρακτηριστικά επιλέξατε το μέγιστο αρεστό δείγμα (δεν είναι απαραίτητο να τα επιλέξετε όλα, μπορείτε ωστόσο να επιλέξετε περισσότερα από ένα);

- Χρώμα
- Μασητικότητα
- Σκληρότητα
- Ευθραυστότητα
- Τραγανότητα

8) Θα αγοράζατε το προϊόν που επιλέξατε ως μέγιστο αρεστό;

- ΝΑΙ
- ΟΧΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Αποτελέσματα μηχανικών χαρακτηριστικών με την Μέθοδο Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)

Στη παρούσα εργασία, παρασκευάστηκαν καλαμπογοκοφρέτες εξετάζοντας την επίδραση διαφόρων παραμέτρων επεξεργασίας όπως πιέσεις, θερμοκρασίες και χρόνοι ψησίματος. Στόχος της μελέτης είναι η ανάπτυξη νέου προϊόντος καλαμπογοκοφρέτας, προκειμένου να εκτιμηθούν οι σπουδαιότερες μεταβλητές που χαρακτηρίζουν κάθε μεταχείριση της (**Πίνακας 2**).

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, εκτιμάται πρώτα η μήτρα συσχετίσεων (**Πίνακας 3**) για να σχηματιστεί μια πρώτη γενική εικόνα των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μεταβλητών ανά ομάδα χαρακτηριστικών αλλά και μεταξύ των ομάδων.

Η μηχανική μεταβλητή της κολλητικότητας εμφάνισε υψηλές συσχετίσεις με τις υπόλοιπες μηχανικές μεταβλητές.

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε η μήτρα των συσχετίσεων (παραγοντικών φορτίων) κάθε μεταβλητής με όλες τις κύριες συνιστώσες (**Πίνακας 4**).

Παρατηρώντας τις τιμές των παραγοντικών φορτίων των συνιστωσών διαπιστώθηκε ότι οι μηχανικές μεταβλητές σκληρότητα, κολλητικότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα, ελαστικότητα% και ευθραυστότητα ήταν κυρίως υπεύθυνες για την δημιουργία της πρώτης συνιστώσας και οι οργανοληπτικές μεταβλητές σκληρότητα, χρώμα, b, ευθραυστότητα, τραγανότητα και μασητικότητα για τον σχηματισμό της δεύτερης, με μικρότερη ωστόσο, ένταση.

Έτσι, από τη μήτρα των παραγοντικών φορτίων με τις κύριες συνιστώσες, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους δυο πρώτους άξονες, προέκυψε το διδιάστατο γράφημα των δυο πρώτων συνιστωσών στο οποίο περιγράφεται η θέση των μεταβλητών εκτεινόμενων ακτινωτά από το κέντρο βάρους του γραφήματος (**Σχήμα 1**). Οι ευθείες παρουσιάζουν το μέγεθος της απόστασης των μεταβλητών από το κέντρο και άρα όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος αυτών τόσο σημαντικότερη είναι η συγκεκριμένη μεταβλητή. Δύο μεταβλητές που σχηματίζουν οξεία γωνία εμφανίζουν θετική συσχέτιση, ενώ όταν σχηματίζουν αμβλεία γωνία συσχετίζονται αρνητικά. Όσο μικρότερη οξεία γωνία δημιουργείται τόσο ισχυρότερος θετικά προκύπτει ο συντελεστής συσχέτισης και όσο μεγαλύτερη είναι η αμβλεία γωνία τόσο ισχυρότερος

αρνητικά εκφράζεται ο συντελεστής. Ανοίγματα γωνιών 0 και 180 μοιρών δηλώνουν συντελεστές συσχέτισης +1 και -1 αντίστοιχα και ανοίγματα 90 μοιρών μηδενικό συντελεστή.

Από την διάταξη των μεταβλητών στο γράφημα προέκυψαν τρεις δέσμες μεταβλητών: η μία ορίστηκε στο άνω δεξιά τεταρτημόριο, η δεύτερη στο κάτω δεξιά και η τρίτη καταλάμβανε το αριστερό ημικύκλιο. Στο άνω δεξιά τεταρτημόριο ισχυρές θετικές συσχετίσεις εμφανίστηκαν μεταξύ των μηχανικών μεταβλητών σκληρότητα, κολλητικότητα, ελαστικότητα και συνεκτικότητα, οι οποίες ήταν οι κυρίως υπεύθυνες για το σχηματισμό του πρώτου άξονα επειδή συσχετιζόνταν ισχυρά και με αυτόν. Σημαντικότερη όλων έδειξε να ήταν η μηχανική μεταβλητή σκληρότητα. Στο δεξιά κάτω τεταρτημόριο υψηλές θετικές συσχετίσεις αναπτύσσονταν μεταξύ οργανοληπτικής μασητικότητας με οργανοληπτική τραγανότητα όπως και μεταξύ οργανοληπτικής σκληρότητας με οργανοληπτική τραγανότητα. Στο αριστερό ημικύκλιο κυριαρχεί η οργανοληπτική του χρώματος η οποία συσχετίζεται ισχυρά θετικά με την οργανοληπτική ευθραυστότητα και ισχυρά αρνητικά με την οργανοληπτική τραγανότητα, μασητικότητα και σκληρότητα.

Αν ληφθούν υπόψη οι δυο πρώτες κύριες συνιστώσες των δειγμάτων (Πίνακας 4), τότε προκύπτει το διδιάστατο γράφημα των δυο συνιστωσών στο οποίο περιγράφεται η διάταξη των δειγμάτων (Σχήμα 1). Στο γράφημα διαπιστώνεται μια ομάδα δειγμάτων, βρίσκεται στο δεξιά άνω τεταρτημόριο. Αποτελεί την ομάδα δειγμάτων με την υψηλότερη θερμοκρασία ψησίματος καλαμποκοφρέτας, με το δείγμα 2 στους 280°C, ενδιάμεσο χρόνο ψησίματος 8,5sec και χαμηλή πίεση 120bar. Επίσης, αποτελείται από το δείγμα 6, στους 280°C, χαμηλό χρόνο ψησίματος 7,4sec και ενδιάμεση πίεση 140bar. Τέλος, το δείγμα 9, με ενδιάμεση θερμοκρασία ψησίματος 270 °C, χαμηλή πίεση 120bar και χαμηλό χρόνο ψησίματος 7,4sec. Στο δεξιά κάτω τεταρτημόριο, εκτείνεται η ομάδα των δειγμάτων με την χαμηλότερη θερμοκρασία ψησίματος καλαμποκοφρέτας με το δείγμα 3 στους 260°C, υψηλή πίεση 160bar και ενδιάμεσο χρόνο ψησίματος 8,5sec. Το δείγμα 5, βρίσκεται στους 260°C, με ενδιάμεση πίεση 140bar και χαμηλό χρόνο ψησίματος 7,4sec και τέλος το δείγμα 11 με ενδιάμεση θερμοκρασία ψησίματος 270°C, χαμηλή πίεση 120bar και υψηλό χρόνο ψησίματος 9,6sec.

Στο αριστερό ημισφαίριο τοποθετούνται τα δείγματα καλαμποκοφρέτας που περιέχονται όλες οι θερμοκρασίες ψησίματος.

Τώρα, αν αντιστοιχιστούν οι μεταβλητές και τα δείγματα σε κάθε

τεταρτημόριο, τότε συνάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Το δείγμα 9 χαρακτηρίζεται από υψηλή τιμή μηχανικής ελαστικότητας και συνεκτικότητας, οι οποίες οφείλονται στο χαμηλό χρόνο ψησίματος και τη μέτρια θερμοκρασία ψησίματος. Όσο μειώθηκε η θερμοκρασία και ο χρόνος ψησίματος τόσο αυξήθηκε η ελαστικότητα και η συνεκτικότητα. Επίσης, χαρακτηρίζεται με υψηλή τιμή μηχανικής σκληρότητας αλλά όχι η υψηλότερα δυνατή λόγω της μέτριας θερμοκρασία ψησίματος όπως έχει αποδειχθεί και σε άλλες έρευνες με γκοφρέτες ρυζιού (Huff et al., 1992).

Το δείγμα 2 χαρακτηρίζεται από υψηλή τιμή οργανοληπτικής ευθραυστότητας και χρώματος (καφέ χρώμα), το οποίο οφείλεται στην υψηλή θερμοκρασία ψησίματος όπως και τον σχετικά υψηλό χρόνο ψησίματος. Σύμφωνα με σχετικές έρευνες έχει αποδειχθεί ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και ο χρόνος ψησίματος τόσο μειώνεται το L (φωτεινό χρώμα) και b (κίτρινο χρώμα) και το προϊόν καλαμπογγοφρέτας παίρνει τη μορφή του καφετί χρώματος (Lara, Cortes, Briones, & Perez., 2011; Purlis & Salvadori., 2009).

Το δείγμα 6 χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη τιμή μηχανικής σκληρότητας, το οποίο οφείλεται στην υψηλή θερμοκρασία ψησίματος (L. Han, H.E. Huff, F. Hsieh, 2008)

Το δείγμα 5 χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη τιμή οργανοληπτικής σκληρότητας και τραγανότητας με αρκετά χαμηλή τιμή οργανοληπτικής αρεστότητας.

Το δείγμα 3 χαρακτηρίζεται από τη μέγιστα χαμηλή τιμή οργανοληπτικής χρώματος και ευθραυστότητας. Αυτό οφείλεται στην χαμηλή θερμοκρασία ψησίματος, όπως έχει αποδειχθεί σε άλλες έρευνες ότι όσο πιο υψηλή θερμοκρασία ψησίματος τόσο πιο υψηλή τιμή της σκληρότητας και χαμηλότερη τιμή της ευθραυστότητας (E.Lara, P.Cortes, V.Briones, M.Perez, (2011). Επίσης, χαρακτηρίζεται για την υψηλή τιμή οργανοληπτικής αρεστότητας, τη μέγιστη τιμή μηχανικής ελαστικότητας, κολλητικότητας και συνεκτικότητας, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας ψησίματος, όπως έχει αποδειχθεί και σε άλλες έρευνες με γκοφρέτες φαγόπυρου (Im et al, 2003).

Το δείγμα 8 χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη τιμή οργανοληπτικής του χρώματος λόγω του υψηλότερου χρόνου και θερμοκρασίας ψησίματος.

Το δείγμα 7 χαρακτηρίζεται από την μέγιστα χαμηλή τιμή οργανοληπτικής χρώματος, την αρκετά υψηλή τιμή οργανοληπτικής τραγανότητας και την αρκετά χαμηλή τιμή μηχανικής θραυσσιμότητας και αυτό οφείλεται στην χαμηλή θερμοκρασία ψησίματος (Kawai, Matsusaki, Hando, Hagura., 2013).

Πίνακας 2. Επεξεργασίες ψησίματος καλαμπογκοφρετών, μηχανικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΓΚΟΦΡΕΤΑΣ		ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	
260 °C 120bar 8,5sec	Θερμοκρασία 260°C, Πίεση 120bar, Χρόνος ψησίματος 8,5sec	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	Φυσικοχημικές ιδιότητες
280 °C 120bar 8,5sec	Θερμοκρασία 280°C, Πίεση 120bar, Χρόνος ψησίματος 8,5sec	ΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	
260 °C 160bar 8,5sec	Θερμοκρασία 260°C, Πίεση 160bar, Χρόνος ψησίματος 8,5sec	ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	
280 °C 160bar 8,5sec	Θερμοκρασία 280°C, Πίεση 160bar, Χρόνος ψησίματος 8,5sec	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	
260 °C 140bar 7,4sec	Θερμοκρασία 260°C, Πίεση 140bar, Χρόνος ψησίματος 7,4sec	ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ%	
280 °C 140bar 7,4sec	Θερμοκρασία 280°C, Πίεση 140bar, Χρόνος ψησίματος 7,4sec	ΘΡΑΥΣΙΜΟΤΗΤΑ	
260 °C 140bar 9,6sec	Θερμοκρασία 260°C, Πίεση 140bar, Χρόνος ψησίματος 9,6sec	ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	
280 °C 140bar 9,6sec	Θερμοκρασία 280°C, Πίεση 140bar, Χρόνος ψησίματος 9,6sec	(ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ)	
270 °C 120bar 7,4sec	Θερμοκρασία 270°C, Πίεση 120bar, Χρόνος ψησίματος 7,4sec	(ΧΡΩΜΑ)	
270 °C 160bar 7,4sec	Θερμοκρασία 270°C, Πίεση 160bar, Χρόνος ψησίματος 7,4sec	B	
270 °C 120bar 9,6sec	Θερμοκρασία 270°C, Πίεση 120bar, Χρόνος ψησίματος 9,6sec	(ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ)	
270 °C 160bar 9,6sec	Θερμοκρασία 270°C, Πίεση 160bar, Χρόνος ψησίματος 9,6sec	(ΑΡΕΣΤΟΤΗΤΑ)	
270 °C 160bar 9,6sec	Θερμοκρασία 270°C, Πίεση 160bar, Χρόνος ψησίματος 9,6sec	a	
270 °C 140bar 8,5sec	Θερμοκρασία 270°C, Πίεση 140bar, Χρόνος ψησίματος 8,5sec	(ΕΥΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑ)	
		(ΤΡΑΓΑΝΟΤΗΤΑ)	
		L	

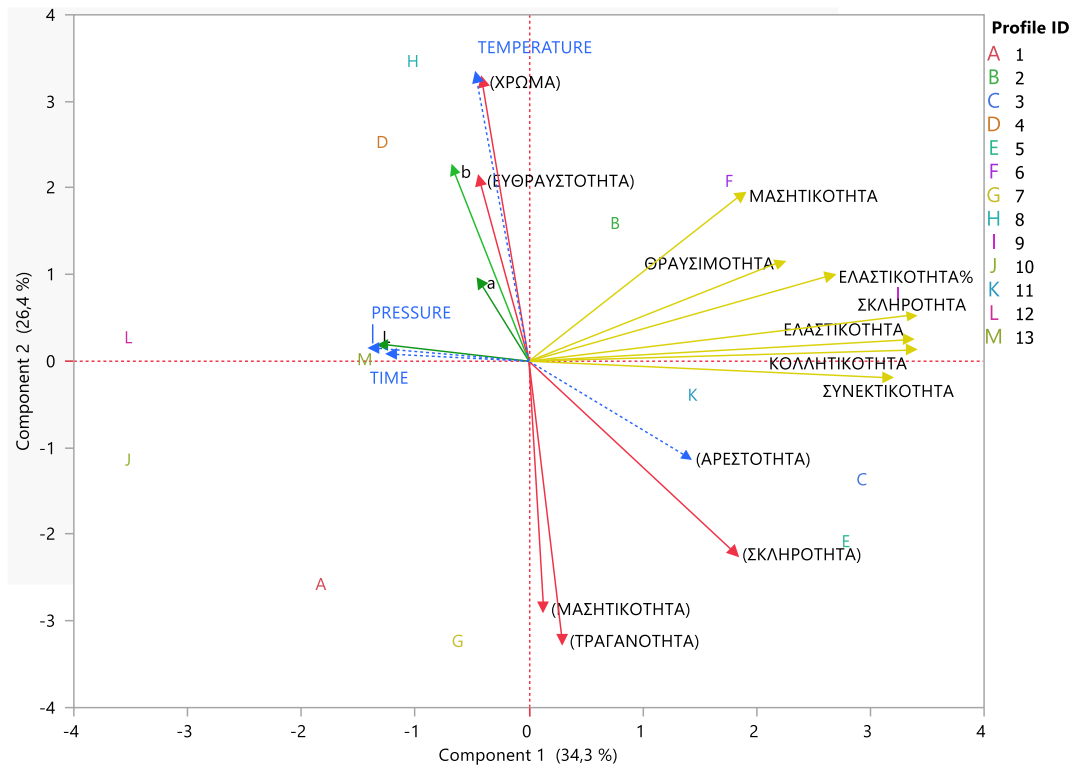
Πίνακας 3. Πίνακας συσχετίσεων κατά ζεύγη των μεταβλητών. Επιλέξιμες συσχετίσεις μεγαλύτερες από $\pm 0,60$.

Correlations																
	(ΧΡΩΜΑ)	(ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ)	(ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ)	(ΕΥΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑ)	(ΤΡΑΓΑΝΟΤΗΤΑ)	(ΑΡΕΣΤΟΤΗΤΑ)	ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ%	ΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΘΡΑΥΣΙΜΟΤΗΤΑ	L	a	b
(ΧΡΩΜΑ)	1,0000	-0,6948	-0,6847	0,6728	-0,8141	-0,2959	0,2344	-0,1094	0,4639	-0,1612	-0,0020	-0,0511	0,2828	0,2337	0,0850	0,4614
(ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ)	-0,6948	1,0000	0,3548	-0,5347	0,7732	0,4451	-0,0872	0,0606	-0,5078	0,1253	-0,0967	-0,0820	-0,1227	0,1800	-0,0985	-0,3079
(ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ)	-0,6847	0,3548	1,0000	-0,1659	0,7543	0,4353	0,0612	0,3946	0,0344	0,3640	0,3725	0,4427	0,2501	-0,3880	-0,1531	-0,5126
(ΕΥΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑ)	0,6728	-0,5347	-0,1659	1,0000	-0,3850	0,0883	-0,1341	-0,2413	0,3449	-0,3080	-0,0837	-0,1290	0,4695	-0,0080	-0,0145	0,2527
(ΤΡΑΓΑΝΟΤΗΤΑ)	-0,8141	0,7732	0,7543	-0,3850	1,0000	0,4277	-0,2447	0,0009	-0,3683	0,0289	-0,0776	-0,0444	-0,0585	-0,0360	-0,2112	-0,5823
(ΑΡΕΣΤΟΤΗΤΑ)	-0,2959	0,4451	0,4353	0,0883	0,4277	1,0000	0,0514	0,2442	0,2300	0,1373	0,2725	0,2571	0,5989	-0,0988	-0,0912	-0,2226
ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ%	0,2344	-0,0872	0,0612	-0,1341	-0,2447	0,0514	1,0000	0,7674	0,6446	0,7076	0,7401	0,8009	0,3304	0,1400	-0,2141	-0,0592
ΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	-0,1094	0,0606	0,3946	-0,2413	0,0009	0,2442	0,7674	1,0000	0,4199	0,9631	0,9664	0,9229	0,5464	-0,3698	-0,0004	-0,0410
ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,4639	-0,5078	0,0344	0,3449	-0,3683	0,2300	0,6446	0,4199	1,0000	0,2229	0,5756	0,4950	0,5674	0,1520	-0,1645	0,0326
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	-0,1612	0,1253	0,3640	-0,3080	0,0289	0,1373	0,7076	0,9631	0,2229	1,0000	0,9002	0,8919	0,3992	-0,4172	-0,0792	-0,1345
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	-0,0020	-0,0967	0,3725	-0,0837	-0,0776	0,2725	0,7401	0,9664	0,5756	0,9002	1,0000	0,8967	0,6420	-0,3657	-0,0683	-0,0516
ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	-0,0511	-0,0820	0,4427	-0,1290	-0,0444	0,2571	0,8009	0,9229	0,4950	0,8919	0,8967	1,0000	0,4918	-0,4046	-0,1253	-0,1910
ΘΡΑΥΣΙΜΟΤΗΤΑ	0,2828	-0,1227	0,2501	0,4695	-0,0585	0,5989	0,3304	0,5464	0,5674	0,3992	0,6420	0,4918	1,0000	-0,2759	0,1627	0,2251
L	0,2337	0,1800	-0,3880	-0,0080	-0,0360	-0,0988	0,1400	-0,3698	0,1520	-0,4172	-0,3657	-0,4046	-0,2759	1,0000	-0,3959	-0,0760
a	0,0850	-0,0985	-0,1531	-0,0145	-0,2112	-0,0912	-0,2141	-0,0004	-0,1645	-0,0792	-0,0683	-0,1253	0,1627	-0,3959	1,0000	0,8195
b	0,4614	-0,3079	-0,5126	0,2527	-0,5823	-0,2226	-0,0592	-0,0410	0,0326	-0,1345	-0,0516	-0,1910	0,2251	-0,0760	0,8195	1,0000

The correlations are estimated by Row-wise method.

Πίνακας 4. Μήτρα συντελεστών συσχέτισης (παραγοντικών φορτίων) των μεταβλητών με τους κύριους άξονες. Συσχετίσεις μεγαλύτερες από $\pm 0,60$ (Συνιστώσα 1 και Συνιστώσα 2) δείχνονται με σκίαση.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ 1	ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ 2
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	0,963473	0,152763
ΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,962490	0,036770
ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,954509	0,070831
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,901756	-0,054431
ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ%	0,759367	0,283735
ΘΡΑΥΣΙΜΟΤΗΤΑ	0,630988	0,327911
(ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ)	0,517135	-0,632608
(ΧΡΩΜΑ)	-0,118148	0,926924
b	-0,189696	0,630543
ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,534443	0,550862
a	-0,124548	0,264286
(ΑΡΕΣΤΟΤΗΤΑ)	0,400192	-0,317375
(ΕΥΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑ)	-0,124615	0,600913
(ΤΡΑΓΑΝΟΤΗΤΑ)	0,083221	-0,918905
L	-0,368840	0,055939
(ΜΑΣΗΤΙΚΟΤΗΤΑ)	0,036489	-0,813582



Σχήμα 1. Γράφημα των δυο κύριων συνιστωσών με βάση τα παραγοντικά φορτία των μεταβλητών.

5.2 Αποτελέσματα οργανοληπτικών χαρακτηριστικών με τη Μέθοδο Κλίμακας Μέγιστων Συχνοτήτων (Max-Diff)

Η οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο best-worst (καλύτερο-χειρότερο δείγμα) για όλες τις αντικειμενικές μεταβλητές (χρώμα-μασητικότητα-σκληρότητα-ευθραυστότητα-τραγανότητα-προτίμηση). Σκοπός της αξιολόγησης αυτής ήταν ο εντοπισμός των πιο αρεστών δειγμάτων για κάθε μεταβλητή απόκρισης.

Παρακάτω αναλύθηκαν οι οργανοληπτικές μεταβλητές με τη μέθοδο της κλίμακας μέγιστων συχνοτήτων (Max-Diff) (**Σχήμα 2**).

Το δείγμα 3 διακρίνεται για την ελάχιστη ευθραυστότητα και το αρκετά χαμηλό χρώμα λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας ψησίματός.

Το δείγμα 4 διακρίνεται για την ελάχιστη τραγανότητα, αρεστότητα και σκληρότητα. Αυτό οφείλεται στην υψηλή θερμοκρασία ψησίματος και πίεσης σε συνδυασμό με τον αρκετά υψηλό χρόνο ψησίματος.

Το δείγμα 6 διακρίνεται για τη σχετικά υψηλή ευθραυστότητα και αυτό λόγω τον χαμηλό χρόνο ψησίματός.

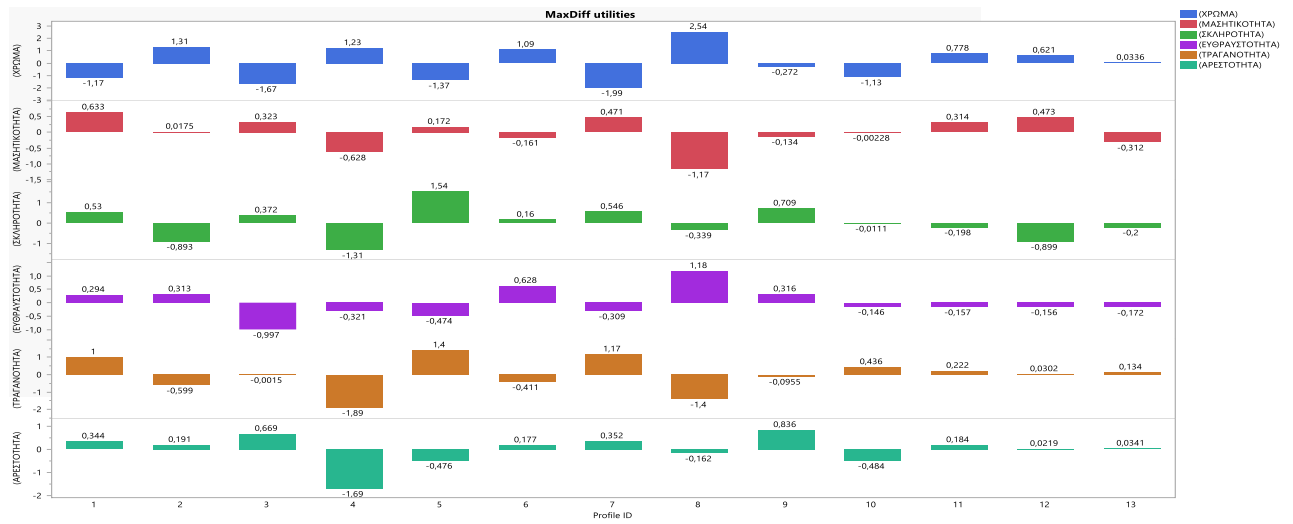
Το δείγμα 7 διακρίνεται για το ελάχιστο χρώμα λόγω χαμηλής θερμοκρασίας ψησίματος. Την αρκετά υψηλή μασητικότητα, τραγανότητα, το οποίο οφειλόταν στον υψηλό χρόνο ψησίματος.

Το δείγμα 8 διακρίνεται για το μέγιστο χρώμα, την ελάχιστη μασητικότητα, την μέγιστη ευθραυστότητα και αρκετά χαμηλή τραγανότητα. Αυτό οφειλόταν στην υψηλή θερμοκρασία ψησίματος όπως επίσης και στο υψηλό χρόνο ψησίματος.

Το δείγμα 9 διακρίνεται για τη μέγιστη αρεστότητα, μια σχετική σκληρότητα.

Το δείγμα 12 διακρίνεται για την αρκετά χαμηλή σκληρότητα όπως και την αρκετά υψηλή μασητικότητα. Η σχετικά χαμηλή σκληρότητα οφείλεται στην ενδιάμεση θερμοκρασία ψησίματος και η μασητικότητα στην μέγιστη πίεση.

Τα δείγματα 10, 11, 13 είναι δείγματα με αδρανεί χαρακτηριστικά.



Σχήμα 2. Οι παράμετροι εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο της κλίμακας μέγιστων συχνοτήτων Μέγιστου-Ελάχιστου (Max-Diff).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε ο χαρακτηρισμός φυσικοχημικών, και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών καλαμπογοφρετών που παρασκευάστηκαν σε διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασιών ψησίματος, διαφορετικών πιέσεων και διαφορετικούς χρόνους ψησίματος. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες ψησίματος 260°C, 270°C και 280°C, τρεις διαφορετικές πιέσεις 120bar, 140bar και 160bar και τρεις διαφορετικοί χρόνοι ψησίματος 7,4sec, 8,5sec και 9,6sec. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν το χρώμα της καλαμπογοφρέτας και η ανάλυση της υφής. Τέλος, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική αξιολόγηση των καλαμπογοφρετών από εκπαιδευμένους δοκιμαστές.

Συνοψίζοντας, τα σημαντικότερα ευρήματα της μελέτης ήταν:

- Τα προϊόντα που εκτέθηκαν σε υψηλότερες θερμοκρασίες σε συνδυασμό με υψηλούς χρόνους ψησίματος εμφάνισαν τη μεγαλύτερη μεταβολή στο χρώμα (καφετί), το οποίο οπτικά δεν ήταν ελκυστικό.
- Όσον αφορά την ανάλυση της υφής που πραγματοποιήθηκε στο προϊόν, έδειξε πως τα δείγματα όπου είχαν εκτεθεί σε υψηλότερη θερμοκρασία ψησίματος, παρουσίασαν αυξημένη σκληρότητα, ενώ παράλληλα εμφάνισαν μειωμένη ελαστικότητα, πράγμα το οποίο επηρέασε τις παραμέτρους μασητικότητα, συνεκτικότητα και ευθραυστότητα. Σε σύγκριση με τα δείγματα που εκτέθηκαν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και χρόνους ψησίματος ήταν περισσότερο τραγανά. Το δείγμα 9, το οποίο ήταν το πιο αρεστό σύμφωνα με την οργανοληπτική αξιολόγηση, είχε εκτεθεί στην θερμοκρασία 270°C (την μεσαία), τον χαμηλότερο χρόνο (7,4sec) και την χαμηλότερη πίεση (120bar). Όσον αφορά, την σκληρότητα του εν λόγω δείγματος ήταν το δεύτερο πιο σκληρό σε σειρά.
- Κατά τον φυσικοχημικό έλεγχο ελέγχθηκε η υφή που περιλαμβάνει την ελαστικότητα, μασητικότητα, συνεκτικότητα, ευθραυστότητα, σκληρότητα και κολλητικότητα. Το δείγμα 9 κατά τα φυσικοχημικά του χαρακτηριστικά παρουσίασε, τη δεύτερη σε σειρά κολλητικότητα, την

τρίτη σε σειρά μασητικότητα, τη τέταρτη σε σειρά συνεκτικότητα, την δεύτερη σε σειρά μέγιστη σκληρότητα, την δεύτερη σε σειρά μέγιστη ελαστικότητα και τη μέγιστη ευθραυστότητα. Σε αντίθεση με την οργανοληπτική του αξιολόγηση, όπου εκτός από την δεύτερη μέγιστη σε σειρά σκληρότητα, οι υπόλοιποι του παράμετροι αξιολογήθηκαν ουδέτεροι.

- Το προϊόν το οποίο καθορίστηκε από τον οργανοληπτικό έλεγχο ως το πιο μη αρεστό ήταν το δείγμα 4. Το συγκεκριμένο δείγμα, παρουσίασε την ελάχιστη τραγανότητα, την ελάχιστη σκληρότητα, την δεύτερη ελάχιστη σε σειρά μασητικότητα και αρκετά υψηλό χρώμα.
- Κατά τον φυσικοχημικό έλεγχο, το δείγμα 4 παρουσίασε την ελάχιστη ευθραυστότητα με τις υπόλοιπες παραμέτρους του να είναι σχετικά ουδέτερες.

Εν κατακλείδι, το δείγμα 9 με ενδιάμεση θερμοκρασία ψησίματος 270 °C, χαμηλή πίεση 120bar και χαμηλό χρόνο ψησίματος 7,4sec επιλέχθηκε ως το πιο αρεστό από την οργανοληπτική αξιολόγηση και είναι το δείγμα που θα πρότεινα στην παρούσα εργασία για το ευρύ καταναλωτικό κοινό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Mills S., *The complete guide to Modern Herbalism*, Thorsons, Great Britain, (1994)

Piperno D.R. and Flannery K.V., Earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectroscopy dates and their implications, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, (2001)

Breadley P.R (Ed)., *British Herbal Compendium Volume I*, *British Herbal Medicine Association*, (1992)

Owoyele B.V., Negedu M.N., Olaniran S.O., Onasanwo S.A., Oguntoye S.O., Sanya J.O., Oyeleke S.A., Ibidapo A.J. and Soladoye A. O., Analgesic and anti-inflammatory effect of aqueous extract of *Zea mays* husk in male Wistar rats, *J. Med. Food.*, (2010)

Lans C. A., Ethnomedicines used in Trinidad and Tobago for urinary problems and diabetes mellitus, *J. Ethnobiol. Ethnomed.*, (2006)

Dilip Kumar and Aditya Narayan Jhariya., Nutritional, Medicinal and Economical importance of Corn: A Mini Review

Feldman, Susan R., *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Sodium Chloride.*, (2000)

Sasikan Kupongsak, Jinglu Tan., *American Society of Agricultural and Biological Engineers.*, (2003)

Huff, H. E., F. Hsieh, and I. C. Peng., *Rice Cake Production Using Long-grain and Medium-grain Brown Rice.*, (1992)

Fan, S., F. Hsieh and H. E. Huff., *Puffing of Wheat Cake Using Rice Cake Machine, Applied Engineering in Agriculture.*, (1999)

Im, J., Huff, H. E., and Hsieh, F., Effects of processing conditions on the physical and chemical properties of buckwheat grit cakes. *J. Agric. Food Chem.*, (2003)

Han, L.; Huff, H. E.; Hsieh, F., *Production of Oat Cakes from Extruded Pellets. Cereal Chemistry.*, (2008)

Kawai, Kiyoshi; Matsusaki, Keiko; Hando, Kana; Hagura, Yoshio., Temperature-dependent quality characteristics of pre-dehydrated cookies: Structure, browning, texture, in vitro starch digestibility, and the effect on blood glucose levels in mice., (2013)

Lara, E., Cortes, P., Briones, V., & Perez, M., *Structural and physical modifications of corn biscuits during baking process.*, (2011)

Purlis, E., & Salvadori, V. O., *Modeling the browning of bread during baking.*, (2009)