



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης & Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Διερεύνηση της παλαίωσης προϊόντων πλούσιου ζυμαριού
(τσουρέκι)*

Investigation of the aging of rich dough product (tsoureki)



Μαρία Δρόσου 15028

Καραλιά Ελένη 15035

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Λάζου Ανδριάννα

ΑΙΓΑΛΕΩ 2022

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει την πτυχιακή εργασία με τίτλο Διερεύνηση της παλαιώσης προϊόντων πλούσιου ζυμαριού (τσουρέκι) που παρουσιάστηκε από τις Δρόσου Μαρία και Καραλιά Ελένη βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

13/7/2022

Ανδριάνα Λάζου

13/7/2022

Σπυρίδων Παπαδάκης

13/7/2022

Ρεβέλου Παναγιώτα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογράφουσες Δρόσου Μαρία του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 15028 και Καραλιά Ελένη του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 15035 φοιτήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστήμης Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής 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».

Επιθυμούμε την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μας μέχρι 13/7/2023 και έπειτα από αίτηση μας στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Οι δηλούσες
Δρόσου Μαρία
Καραλιά Ελένη

Η επιβλέπουσα
Λάζου Ανδριάννα

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνουμε ότι είμαστε αποκλειστικοί συγγραφείς της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνουμε, επίσης, ότι αναλαμβάνουμε όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μας αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Δρόσου Μαρία

Καραλιά Ελένη

Ευχαριστίες

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής υπό την επίβλεψη της Επικ. Καθηγήτριας κα Ανδριάνας Λάζου κατά τη χρονική περίοδο 2021-2022.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την κα Λάζου που στάθηκε δίπλα μας σε όλες τις δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσαμε καθώς και για την αμέριστη εμπιστοσύνη της και την συνεχή στήριξη της σε όλη τη διάρκεια αυτού του ταξιδιού.

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

Ευχαριστούμε πολύ την εταιρία Μύλοι Μάρρα Α.Ε για την ευγενή χορηγία 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.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους απόφοιτους συμφοιτητές μας Αναστασιάδη Γεώργιο και Προβατά Ταρσία τόσο για την βοήθεια τους στην αρχή της πειραματικής διαδικασίας όσο και για την συνεχή τους στήριξη. Ευχαριστούμε επίσης την Τσιόκα Άρτεμης για την πολύτιμη βοήθεια της.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την αμέριστη συμπαράσταση τους όλο αυτό τον καιρό.

Περίληψη

Στις μέρες μας οι σύγχρονοι καταναλωτές τείνουν προς νέες διατροφικές συνήθειες με αυξημένη διατροφική αξία. Η χορτοφαγία είναι μια φιλοσοφία αλλά κυρίως ένας τρόπος ζωής που επιδιώκει να αποκλείσει, στο μέτρο του δυνατού, όλες τις μορφές ζωικών προϊόντων. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για παραγωγή και συντήρηση τέτοιων προϊόντων γλυκών αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού. Χαρακτηριστικό προϊόν αυτής της κατηγορίας είναι το γνωστό ελληνικό «τσουρέκι». Η σύνθεση των γλυκών αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού αποτελείται από υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη, βούτυρο και αυγά. Η αντικατάσταση των ζωικών συστατικών με συστατικά φυτικής προέλευσης μπορεί να επηρεάσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος καθώς και τη διάρκεια ζωής τους. Επιπλέον, ο ρυθμός της καθημερινής ζωής αυξάνεται και οι καταναλωτές χρειάζονται προϊόντα που διατηρούν την υψηλή θρεπτική αξία και γεύση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης τους.

Στόχος αυτής της μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της αποθηκείσεως στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της παραδοσιακής αλλά και της χορτοφαγικής εκτέλεσης του παραδοσιακού ελληνικού προϊόντος «τσουρέκι». Ως εκ τούτου, τα ζωικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένου του βουτύρου, του γάλακτος και των αυγών αντικαταστάθηκαν με μαργαρίνη, γάλα σόγιας και πολτό μήλου, αντίστοιχα. Μια τέτοια υποκατάσταση θα μπορούσε να δημιουργήσει δομικές, οργανοληπτικές και φυσικοχημικές μεταβολές που επηρεάζουν άμεσα τη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος. Οι επιλεγμένες θερμοκρασίες αποθήκευσης ήταν 25°C, 35°C και 45°C, ενώ ο χρόνος αποθήκευσης κυμαινόταν από 0 έως 14 ημέρες.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν κατά την αποθήκευση, συμπεριλαμβάνουν την περιεκτικότητα υγρασίας, την ενεργότητα ύδατος, τις τιμές της οξειδωτικής τάξης, τη φωτεινότητα, τις ιδιότητες υφής (σκληρότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα, μασητικότητα) τα οργανοληπτικά (ολική αρέσκεια, σκληρότητα, φωτεινότητα, συνεκτικότητα, υγρασία ενυδάτωσης της ψίχας, λιπαρότητα, πορώδες) καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (ύψος, περίμετρος, πάχος, πλάτος, μήκος) και τέλος τα μορφολογικά (οπτική πυκνότητα, καμπυλότητα πόρων, επιφάνεια πόρων, συνολική επιφάνεια, ετερογένεια, αριθμοί πόρων/cm² φέτας). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο χρόνος αποθήκευσης και η θερμοκρασία είχαν επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, η ενεργότητα ύδατος και η περιεκτικότητα υγρασίας του προϊόντος μειώθηκαν με τον χρόνο αποθήκευσης, ενώ η σκληρότητα αυξήθηκε τόσο τεχνικά όσο και οργανοληπτικά. Η φωτεινότητα της ψίχας των προϊόντων μειώθηκε κατά την αποθήκευση, με αποτέλεσμα ένα πιο σκούρο προϊόν. Επίσης

τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τόσο του χορτοφαγικού όσο και του παραδοσιακού τσουρεκιού δεν επηρεάστηκαν από την παλαίωση αλλά το χορτοφαγικό τσουρέκι έχει πιο χαμηλές τιμές γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Τέλος η ετερογένεια αυξήθηκε με τη πάροδο του χρόνου ενώ η οπτική πυκνότητα μειώθηκε με αποτέλεσμα το προϊόν να γίνει πιο σκούρο και συμπαγές.

Συνολικά, αυτή η μελέτη δείχνει ότι η παραδοσιακή αλλά και η χορτοφαγική σύνθεση του τσουρεκιού μπορεί να διατηρήσει θετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά για έως και 10 ημέρες και να γίνει αποδεκτή από τους καταναλωτές.

Abstract

Nowadays modern consumers lean towards new dietary habits with increased nutritional value. Veganism is a philosophy and way of living which seeks to exclude, as far as possible all forms of animal products. There is a great need for the production and maintenance of such products as vegan rich dough baking. A typical product of this category is the well-known Greek “tsoureki” a rich dough product. The formulation of rich dough baked products consists of high sugar, butter and egg contents. The substitution of the animal ingredients with ingredients of vegetable origin can affect quality characteristics of the product as well as their shelf life. Moreover, the pace of daily life is increasing, and consumers need products that maintain their high nutritional value and taste during their storage time.

The objective of this study was to investigate the effect of storage on quality characteristics of vegan formulation of traditional Greek dough baked product “tsoureki”. Hence, the animal-based ingredients, including butter, milk, and eggs were substituted with shortenings, soya milk and apple pulp, respectively. Such a substitution could create structural, textural and physicochemical modifications affecting the final product’s shelf-life. The selected storage temperatures were 25°C, 35°C and 45°C, while the storage time ranged from 0 to 14 days.

Quality characteristics were monitored during storage, including moisture content, water activity, TBA values, color, textural properties (hardness, elasticity, consistency, chewing) and sensorial characteristics (total acceptability, hardness, color, cohesiveness, crumb hydration moisture, oiliness, porosity) as well as the geometric characteristics (height, perimeter, thickness, width, length) and finally the morphological characteristics (optical density, pore roundness, pore surface, total surface area, heterogeneity, pore numbers/cm² slice). Results showed that storage time and temperature had an influence on quality characteristics. Specifically, the water activity and moisture content of the product decreased with storage time, while hardness was increased both instrumentally and sensorially. Also, the geometric characteristics of both vegan and traditional tsoureki were not affected by staling but showed differences between them. The vegan tsoureki has lower values of geometric characteristics. Finally, heterogeneity increased over time while optical density decreased resulting in to make the product darker and more solid. The products’ crumb color decreased during storage, resulting in a darker product.

Overall, this study shows that tsoureki's vegan formulation can maintain positive quality characteristics for up to 10 days and be accepted by consumers.

Πίνακας περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 10 -
2	ΈΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ	- 12 -
2.1	ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ.....	- 12 -
2.2	ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	- 13 -
3	ΓΛΥΚΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ	- 15 -
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 15 -
3.2	ΓΛΥΚΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ ΠΛΟΥΣΙΟΥ ΖΥΜΑΡΙΟΥ	- 15 -
3.2.1	ΤΣΟΥΡΕΚΙ.....	- 16 -
3.3	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΤΟΥΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	- 16 -
3.3.1	Αλεύρι.....	- 16 -
3.3.2	Ζάχαρη	- 18 -
3.3.3	Νερό.....	- 19 -
3.3.4	Αυγά.....	- 19 -
3.3.5	Λιπαρά.....	- 20 -
3.3.6	Ζύμη	- 21 -
3.3.7	Γάλα.....	- 22 -
3.3.8	Αλάτι.....	- 22 -
3.3.9	Μικρό-συστατικά.....	- 22 -
3.4	ΑΝΑΜΙΞΗ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΖΥΜΑΡΙΟΥ	- 23 -
3.4.1	Σκοπός/διαδικασία ανάμιξης	- 23 -
3.4.2	Μέθοδοι ανάμιξης.....	- 23 -
3.4.3	Διαίρεση ζυμαριού	- 24 -
3.4.4	Ζύμωση-ωρίμανση-διόγκωση ζυμαριού.....	- 24 -
3.4.5	Σχηματοποίηση ζυμαριού.....	- 25 -
3.4.6	Κλιβανισμός	- 25 -
3.4.7	Συσκευασία	- 26 -
4	ΠΑΛΑΙΩΣΗ	- 27 -
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 27 -
4.2	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΑΛΑΙΩΣΗΣ	- 28 -
4.2.1	Ο ρόλος του αμύλου	- 28 -
4.2.2	Επανατακτοποίηση του αμύλου.....	- 28 -
4.2.3	Μετανάστευση της υγρασίας.....	- 30 -
4.2.4	Ο ρόλος της πρωτεΐνης.....	- 31 -
5	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	- 32 -
5.1	ΣΚΟΠΟΣ	- 32 -
5.2	ΥΛΙΚΑ.....	- 32 -

5.3	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	- 33 -
5.4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΠΛΟΥΣΙΟΥ ΖΥΜΑΡΙΟΥ (ΤΣΟΥΡΕΚΙ) ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΩΣ	- 35 -
5.4.1	<i>Προσδιορισμός υγρασίας</i>	<i>- 35 -</i>
5.4.2	<i>Προσδιορισμός ενεργότητας ύδατος.....</i>	<i>- 36 -</i>
5.4.3	<i>Προσδιορισμός της μεταβολής βάρους αρτοσκευασμάτων κατά τον κλιβανισμό (baking loss) -</i>	<i>36 -</i>
5.4.4	<i>Προσδιορισμός του ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων</i>	<i>- 36 -</i>
5.4.5	<i>Προσδιορισμός του χρώματος αρτοσκευασμάτων</i>	<i>- 37 -</i>
5.4.6	<i>Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων.....</i>	<i>- 37 -</i>
5.4.7	<i>Προσδιορισμός TBA.....</i>	<i>- 38 -</i>
5.4.8	<i>Οργανοληπτική αξιολόγηση των αρτοσκευασμάτων</i>	<i>- 38 -</i>
5.4.9	<i>Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων</i>	<i>- 40 -</i>
5.5	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	- 41 -
5.5.1	<i>Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).....</i>	<i>- 41 -</i>
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	- 42 -
6.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΤΣΟΥΡΕΚΙΟΥ	- 42 -
6.1.1	<i>Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων.....</i>	<i>- 42 -</i>
6.1.2	<i>Αποτελέσματα χρώματος</i>	<i>- 43 -</i>
6.1.3	<i>Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής</i>	<i>- 44 -</i>
6.1.4	<i>Αποτελέσματα TBA</i>	<i>- 45 -</i>
6.1.5	<i>Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας.....</i>	<i>- 46 -</i>
6.1.6	<i>Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης.....</i>	<i>- 50 -</i>
6.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΚΩΝ ΤΣΟΥΡΕΚΙΩΝ.....	- 52 -
6.2.1	<i>Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....</i>	<i>- 53 -</i>
6.2.2	<i>Αποτελέσματα χρώματος χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος</i>	<i>- 54 -</i>
6.2.3	<i>Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος</i>	<i>- 55 -</i>
6.2.4	<i>Αποτελέσματα TBA του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....</i>	<i>- 56 -</i>
6.2.5	<i>Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος.....</i>	<i>- 57 -</i>
6.2.6	<i>Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος</i>	<i>- 61 -</i>
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 63 -
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	- 65 -

1 Εισαγωγή

Τα προϊόντα αρτοποιίας εδώ και χρόνια είναι από τις πρωταρχικές επιλογές των καταναλωτών καθώς και ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής διατροφής του ανθρώπου. Αυτό οφείλεται στην εύκολη προσβασιμότητα του από τον καταναλωτή. Διαθέτουν πολύ μεγάλη ποικιλία σε επιλογές, μερικά είδη είναι το ψωμί, τα κέικ, τα μπισκότα, τα muffins και άλλα πολλά. Τα οποία περιέχουν αλεύρι σίτου ως κύριο συστατικό, το οποίο προσδίδει στο τελικό προϊόν όγκο και δομή. Με το πέρασμα των αιώνων οι καταναλωτές έχουν γίνει όλο ένα και πιο απαιτητικοί έτσι έχει δημιουργηθεί μια πληθώρα προϊόντων. (Martins et al., 2017) (Miranda-Ramos et al., 2019).

Έρευνες που έχουν γίνει έχουν δείξει πως από το 2021 έως το 2026 η παγκόσμια αγορά παρασκευασμάτων αρτοποιίας αναμένεται να καταγράψει ρυθμό ανάπτυξης 2,6%, με την Ευρώπη να κατέχει το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων. (Mordor Intelligence, no date b).

Αλλάζοντας ρυθμούς ζωής οι καταναλωτές στις μέρες μας έχουν αρχίσει να αλλάζουν και τις διατροφικές τους συνήθειες. Μια από αυτές τις αλλαγές είναι και η χορτοφαγική διατροφή. Με τον όρο χορτοφαγική διατροφή εννοούμε την αυστηρώς χορτοφαγική διατροφή δηλαδή, τη μη χρήση προϊόντων που παράγονται από ζώα, όπως το μέλι, τα αυγά, τα γαλακτοκομικά προϊόντα και φυσικά το κρέας όπως ακόμη και τα είδη ένδυσης και υπόδησης που προέρχονται από ζώα, όπως το δέρμα. Τα φυτικά προϊόντα έχουν αυξήσει τις πωλήσεις τους τα τελευταία χρόνια και θα συνεχίσουν να τις αυξάνουν. Οι καταναλωτές επιλέγουν τέτοιου τύπου διατροφές είτε λόγω του πράσινου αποτυπώματος της, είτε για λόγους υγείας όπως για παράδειγμα αυξημένη χοληστερίνη, δυσανεξία στη λακτόζη και άλλα. (Martins et al., 2017). Σήμερα, υπάρχει μια αυξανόμενη ζήτηση από τους καταναλωτές για την επίτευξη μιας ισορροπημένης χορτοφαγικής διατροφής. Μία ενδεχόμενη λύση θα μπορούσε να είναι η παρασκευή χορτοφαγικών προϊόντων αρτοποιίας αντικαθιστώντας τα ζωικά προϊόντα με φυτικά. Οι ανάγκες των καταναλωτών ωστόσο δεν σταματούν στη δημιουργία ενός τέτοιου τρόφιμου αλλά επεκτείνονται και στην διατήρησή του. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πόσες μέρες και κάτω από ποιες συνθήκες μπορεί να διατηρηθεί το προϊόν και κυρίως να παραμείνει αρεστό στους καταναλωτές. (Martins et al., 2017) (Miranda-Ramos et al., 2019).

Τα γλυκά αρτοσκευάσματα και ειδικότερα το τσουρέκι εκτιμάται ιδιαίτερα από τους καταναλωτές λόγω της απαλής και ελαστικής υφής του καθώς και της χαρακτηριστικής του γεύσης. Πιο συγκεκριμένα η παρούσα εργασία στοχεύει στην παραγωγή και μελέτη της παλαίωσης ενός νέου προϊόντος, του χορτοφαγικού τσουρεκιού, του οποίου τα συστατικά θα είναι επιλεγμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να καταναλωθεί από τις περισσότερες

κατηγορίες καταναλωτών που ακολουθούν μια χορτοφαγική διατροφή. Ιδιαιτερότητα του σε σχέση με τα υπόλοιπα αρτοσκευάσματα αυτού του τύπου είναι η αντικατάσταση των προϊόντων ζωικής προέλευσης (όπως αυγά, γάλα και βούτυρο) με φυτικά προϊόντα (φυτικό βούτυρο ή ηλιέλαιο, ρόφημα καρπού, πουρές μήλου, μπανάνας ή και ζωμό από όσπρια). Παρόλα αυτά, η χρήση των παραπάνω φυτικών συστατικών δεν επιφέρει πάντα το αναμενόμενο τελικό προϊόν. Τα υποκατάστατα των αυγών, για παράδειγμα 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. (Martins et al., 2017) (Miranda-Ramos et al., 2019) (Mordor Intelligence, no date b).

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της παλαίωσης παραδοσιακών και χορτοφαγικών προϊόντων πλούσιου ζυμαριού, των τσουρεκιών. Τα προϊόντα συσκευάστηκαν σε σακούλες πολυπροπυλενίου και αποθηκεύτηκαν σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (25, 35 και 45°C). Κατά τη διάρκεια της αποθηκείωσης μελετήθηκαν οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την ποιότητα, συμπεριλαμβανομένων των δομικών, των μηχανικών, των φυσικοχημικών όπως ενεργότατα ύδατος, υγρασία, προσδιορισμό βαθμού οξειδωτικής τάγκισης, του χρώματος, και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

2 Έρευνα αγοράς

2.1 Παγκόσμια αγορά αρτοσκευασμάτων

Market Summary
CAGR 6.12 %

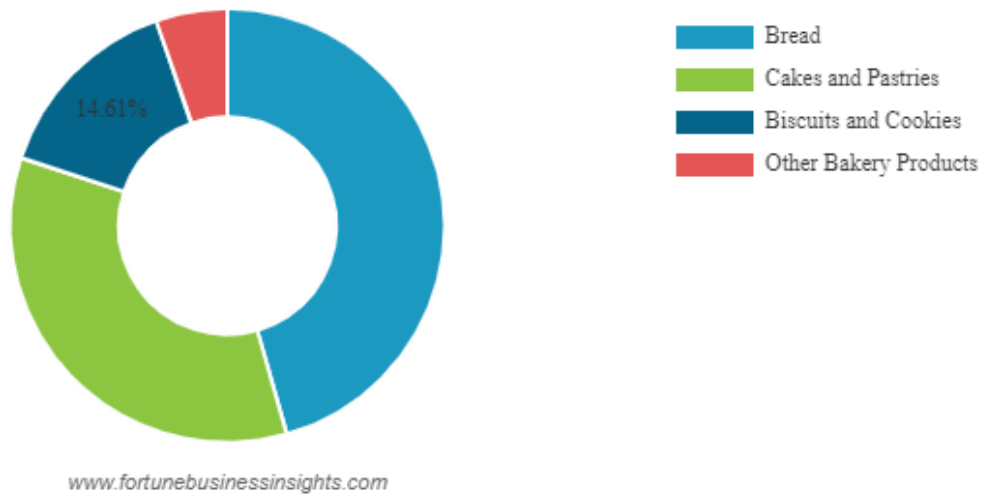


Εικόνα 2.1.1 Ρυθμός ανάπτυξης συστατικών αρτοποιίας κατά την περίοδο 2020-2025.

Η παγκόσμια αγορά προϊόντων αρτοποιίας αναμένεται να καταγράψει ρυθμό ανάπτυξης 6,12%, κατά την περίοδο πρόβλεψης, 2020-2025 (Εικ. 2.1.1). Έχουν διατηρηθεί στην σημερινή αγορά λόγω της ευκολίας, της προσβασιμότητας και του διατροφικού προφίλ τους (Εικ. 2.1.2). Τα προϊόντα αρτοποιίας περιλαμβάνονται στην καθημερινή διατροφή των ανθρώπων όχι μόνο στις ανεπτυγμένες οικονομικά χώρες αλλά και στις υποανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες οικονομικά χώρες. Όλοι αυτοί οι παράγοντες συνέβαλαν στην ανάπτυξη αυτής της αγοράς ακόμη και κατά τη διάρκεια του lockdown λόγω της πανδημίας του κορονοϊού και αναμένεται να τονώσουν την ανάπτυξη αυτής της αγοράς. Επιπλέον, οι αυξανόμενες τάσεις της «χορτοφαγικής διατροφής», της «υγιεινής διατροφής» και των «βιολογικών προϊόντων» έχουν αυξήσει σημαντικά

τη ζήτηση για προϊόντα αρτοποιίας ολικής αλέσεως, ελαφριά (χαμηλών θερμίδων), χορτοφαγικών και χωρίς πρόσθετα. Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση των πωλήσεων προϊόντων αρτοποιίας χωρίς γλουτένη και χορτοφαγικά αρτοσκευασμάτων αποτελεί σημαντική ένδειξη αυτής της νέας τάσης στην αγορά. Η αυξημένη διαθεσιμότητα τέτοιων εξειδικευμένων προϊόντων αρτοποιίας θα βοηθήσει περαιτέρω την ανάπτυξη της αγοράς κατά την περίοδο πρόβλεψης. (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021) (“Bakery Ingredients Market Growth Trends,” n.d.).

Global Bakery Products Market Share, By Product Type, 2020



Εικόνα 2.1.2 Παγκόσμια αγορά αρτοσκευασμάτων ανά κατηγορία προϊόντος

Πηγή: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/bakery-products-market-101472>

2.2 Παγκόσμια αγορά χορτοφαγικών προϊόντων



Εικόνα 2.2 Παγκόσμια αγορά χορτοφαγικών προϊόντων

Πηγή: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/vegan-food-market>

Η παγκόσμια αγορά χορτοφαγικών τροφίμων προβλέπεται να αυξηθεί από 15.4 δισεκατομμύρια δολάρια το 2020 σε 26.1 δισεκατομμύρια δολάρια το 2027 με CAGR 9% την περίοδο πρόβλεψης, 2022-2027 (Εικ. 2.2) (Expertmarketresearch, 2020).

Οι πωλήσεις των προϊόντων κέικ και αρτοσκευασμάτων κυριάρχησαν στην χορτοφαγική αγορά, με μερίδιο άνω του 25,0% των συνολικών εσόδων το 2019. Τα χορτοφαγικής διατροφής προϊόντα διατίθενται μέσω διαφόρων σημείων πώλησης, όπως σούπερ μάρκετ, διαδικτυακά καταστήματα λιανικής, ψιλικάτζίδικα και άλλα. Μεταξύ αυτών, οι πωλήσεις μέσω σούπερ μάρκετ αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του μεριδίου. Επιπλέον, μεγάλες αλυσίδες σούπερ μάρκετ λανσάρουν ποικιλίες φυτικών προϊόντων διατροφής για τους καταναλωτές. Τα φυτικά προϊόντα καταλαμβάνουν εξειδικευμένο χώρο στα σούπερ μάρκετ τραβώντας την προσοχή των καταναλωτών, γεγονός που συνέβαλε επίσης στην άνοδο των πωλήσεών τους. Η ταχεία αστικοποίηση, μαζί με την αυξημένη αγοραστική δύναμη των καταναλωτών της χιλιετίας, έχει τροφοδοτήσει την ανάπτυξη αυτού του τμήματος προϊόντων.

3 Γλυκά αρτοσκευάσματα

3.1 Εισαγωγή

Σε μια ισορροπημένη διατροφή περιλαμβάνονται και τα προϊόντα αρτοποιίας. Τα προϊόντα αρτοποιίας περιλαμβάνουν είδη όπως ο άρτος, τα κουλούρια, οι τηγανίτες, τα ντόνατς, οι βάφλες, τα κέικ, τα μπισκότα και γεμιστά προϊόντα όπως πίτες φρούτων και κρέατος, γεμιστά ρολά με τυριά και αλλαντικά, αρτοσκευάσματα, σάντουιτς, κέικ κρεμάς, πίτσες και πίτες.

Αυτό που χαρακτηρίζει τα γλυκά αρτοσκευάσματα και τα διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα αρτοσκευάσματα είναι η υψηλή περιεκτικότητά τους σε ζάχαρη ή και άλλες γλυκαντικές ουσίες όπου και οφείλεται η γλυκιά τους γεύση. Άλλα συστατικά είναι το αλεύρο, το λίπος, τα αυγά, το αποβουτυρωμένο ξηρό γάλα, η ζύμη, το άλας, οι παράγοντες διόγκωσης, τα πρόσθετα, το νερό και τα διάφορα άλλα συστατικά εμπλουτισμού. Η πολυπλοκότητα των συγκεκριμένων προϊόντων έχει διάφορες διαβαθμίσεις ως προς τα συστατικά και την παραγωγή όπως για παράδειγμα από απλά συστατικά μιας απλής συνταγής ζαχαροπλαστικής μέχρι συστατικά που συνθέτουν ένα τσουρέκι ή ένα κέικ. Το κοινό χαρακτηριστικό όλων όμως είναι το βασικό συστατικό τους το αλεύρι (κυρίως το λευκό) και ο κλιβανισμός (J. P. Smith et al. 2004; Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016)

3.2 Γλυκά αρτοσκευάσματα πλούσιου ζυμαριού

Στα γλυκά αρτοσκευάσματα ανήκουν αυτά του φτωχού και πλούσιου ζυμαριού. Ωστόσο δεν έχουν βρεθεί ξεκάθαρες διαφορές ανάμεσα στις δύο υποκατηγορίες αρτοσκευασμάτων. Έτσι λοιπόν τα γλυκά αρτοσκευάσματα πλούσιου ζυμαριού θεωρείται ότι περιλαμβάνουν υψηλότερα ποσοστά σε λίπος, ζάχαρη και αυγά. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα τσουρέκια (πλούσια σε ζάχαρη, λίπος και αυγά), τα μπριός (πλούσια σε βούτυρο και αυγά), τα panettone, τα γλυκά κουλούρια, τα γλυκά αναδιπλωμένα ρολό, τα κέικ καφέ κ.α. Λόγω των συστατικών τους, οι περισσότερες από αυτές τις ζύμες αναμιγνύονται με τη μέθοδο της προζύμης και του ζυμαριού, επομένως το μεγαλύτερο μέρος της ζύμωσης συμβαίνει πριν την προσθήκη της ζάχαρης και του λίπους. Η υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά και αυγά κάνει την ζύμη πολύ μαλακή, επομένως μειώνοντας την ποσότητα του υγρού αντισταθμίζεται η μαλακότητα της. Τα υψηλά επίπεδα ζάχαρης και λίπους αναστέλλουν την ανάπτυξη της γλουτένης, επομένως τα αρτοσκευάσματα αυτά συχνά αναμειγνύονται χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως αυτή της εντόνου ή της εντατικής ανάμειξης για να ενεργοποιηθεί η δύναμη της γλουτένης. Τέλος, η πλούσια ζύμη, επειδή είναι πολύ μαλακή, γενικά δεν ζυμώνεται για

μεγάλο χρονικό διάστημα και υφίσταται μικρότερο στόφιασμα. Τα τρία τέταρτα στοφιάσματος θεωρούνται επαρκή, καθώς η ζύμη που έχει παραμείνει πολύ ώρα στην στόφα καταρρέει κατά τη διαδικασία του ψησίματος (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016)

3.2.1 ΤΣΟΥΡΕΚΙ

Το τσουρέκι ή και γλυκός άρτος είναι ένα παραδοσιακό ελληνικό προϊόν και χαρακτηρίζεται από πλούσιο άρωμα, τρυφερή, ινώδη υφή και γλυκιά γεύση το οποίο είναι ιδιαίτερα δημοφιλές κατά τις εορτές του Πάσχα. Εμφανισιακά μπορούμε να πούμε ότι μοιάζει με μπριός αν και τα συστατικά του σε ποσότητα διαφέρουν αρκετά. Έχει πολύ χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση λόγω των αρωματικών που προστίθενται. Η διαδικασία παραγωγής τους τσουρεκιού είναι αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα διότι οι αρκετά μεγάλες συγκεντρώσεις ζάχαρης και λίπους επηρεάζουν την ζύμωση, για αυτό τον λόγο δεν υπάρχει κάποια τυποποιημένη διαδικασία παραγωγής και έτσι ο κάθε παραγωγός έχει την δική του. Η ποιότητα του τσουρεκιού στο τέλος της παραγωγής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η σωστή αναλογία των υλικών, η τήρηση των συνθηκών (θερμοκρασία, χρόνος) της ανάμιξης, της ωρίμανσης (στόφιασμα) και του κλιβανισμού (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016)

3.3 Συστατικά του τσουρεκιού και λειτουργικές τους ιδιότητες

3.3.1 Αλεύρι

Το πιο βασικό και σημαντικό ρόλο παίζει το αλεύρι σε όλα τα αρτοσκευάσματα. Το αλεύρι είναι υπεύθυνο για την δομή και την υφή του τελικού προϊόντος. Πλέον στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία σίτου που καλλιεργείται ανά τον κόσμο. Στην βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιούνται δύο ποικιλίες ο κοινός και ο σκληρός σίτος. Η ποικιλία, οι γεωργικές και κλιματικές συνθήκες και η διαδικασία αλέσεως του σίτου παίζουν καταλυτικό ρόλο στην αρτοποιητική ικανότητα του σίτου. Από όσα άλευρα προέρχονται από δημητριακά μόνο το άλευρο σίτου είναι ικανό να σχηματίσει τρισδιάστατη ιξωδοελαστική ζύμη όταν αναμιχθεί με νερό, λόγω της ικανότητας των πρωτεϊνών να αναπτύσσουν δίκτυο γλουτένης. Η ποσότητα και η ποιότητα της πρωτεΐνης του αλεύρου του προσδίδει την δύναμη του. Ο άρτος και τα τσουρέκια παρασκευάζονται με τη μέθοδο της διόγκωσης μέσω της ζύμης δηλαδή της μαγιάς συνήθως σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται σκληρό αλεύρι σίτου το οποίο έχει

υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης περίπου 13%. Στην παραγωγή αρτοσκευασμάτων πλούσιου ζυμαριού που διογκώνονται με τη χρήση της μαγιάς χρησιμοποιούνται είτε άλευρα όπως μαλακά ενισχυμένα με πρωτεΐνες είτε άλευρα υψηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη.

Οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια συνιστούν τα συστατικά του αλεύρου.

- **Υδατάνθρακες:** Ο υδατάνθρακας που βρίσκεται σε αφθονία στο σιτάρι είναι το άμυλο 75-80% του βάρους. Το αντίστροφο φαίνεται να ισχύει με τις πρωτεΐνες συγκριτικά με το άμυλο. Σε αναλογία 1:3 το άμυλο αποτελείται από αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη. Η αμυλόζη βρίσκεται εσωτερικά του κόκκου, αντίθετα η αμυλοπηκτίνη εξωτερικά. Με βάση το άμυλο κατατάσσουμε τον σίτο σε ποικιλίες, οι ποικιλίες μαλακού σίτου έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άμυλο σε σχέση με τις σκληρές. Η βασικότερη χρήση του στη βιομηχανία τροφίμων σχετίζεται με τη ζελατινοποίηση και την επανατακτοποίηση. Κατά την ζελατινοποίηση συμβαίνει μια σειρά αλλαγών όταν το αιώρημα του αμύλου θερμανθεί πάνω από κάποια συγκεκριμένη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα την καταστροφή της μοριακής τάξης των κόκκων αμύλου. Οι κόκκοι απορροφούν νερό και σταδιακά διασπώνται, διασκορπίζοντας έτσι τα μόρια αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης στο νερό. Η θερμοκρασία ζελατινοποίησης (50-85°C) έχει άμεση σχέση με το pH, τον ρυθμό θέρμανσης και την παρουσία ή απουσία σακχάρων και λιπιδίων.
- **Πρωτεΐνες:** Κατά τον Osborne οι πρωτεΐνες κατατάσσονται με βάση την διαλυτότητα τους σε: λευκωματικές ή αλβουμίνες που είναι διαλυτές στο νερό, γλοβουλίνες ή σφαιρίνες αδιάλυτες στο νερό αλλά διαλυτές σε άλας, γλοιαδίνες διαλυτές σε υδατικές αλκοόλες και τέλος γλυτελίνες αδιάλυτες σε υδατικές αλκοόλες. Οι λευκωματίνες και οι σφαιρίνες αποτελούν το 20% του ενδοσπερμίου της πρωτεΐνης. Η πλειονότητα των πρωτεϊνών του ενδοσπερμίου αποτελείται από γλοιαδίνη και γλουτένη 80%. Με την ανάμειξη των παραπάνω πρωτεϊνών με νερό σχηματίζεται ένα ελαστικό δίκτυο που ονομάζεται γλουτένη. Οι ιδιότητες της γλουτένης επιτρέπουν στο αλεύρι να μετατραπεί σε ζύμη. Επίσης καθορίζουν τις ρεολογικές ιδιότητες της ζύμης και συμβάλουν στις ιδιότητες συγκράτησης αέρα της ζύμης, οι οποίες καθορίζουν τον όγκο της ζύμης και της δομής της ψίχας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο την ποιότητα των αρτοσκευασμάτων είναι ο λόγος γλοιαδίνες / γλουτένης και η ποιότητα του κλάσματος της γλουτένης. Έτσι τα άλευρα που έχουν μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών σχηματίζουν ζύμες με συνεκτική δομή και αυξημένη ικανότητα συγκράτησης αέρα.

- **Λιπίδια:** Τα λιπίδια αν και αποτελούν μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού βάρους του αλεύρου 1-2% μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του ψωμιού. Τα λιπίδια αλληλεπιδρούν με πρωτεΐνες ή συνδέονται με το άμυλο, επίσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα λιπίδια του αμύλου και τα μη αμυλούχα λιπίδια. Τα μη αμυλούχα λιπίδια αποτελούν τα 2/3 του συνόλου των λιπιδίων και χωρίζονται σε ελεύθερους και δεσμευμένους τύπους. Τα ελεύθερα λιπίδια χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα της δεσμευτικής τους συμπεριφορά κατά την ανάμιξη της ζύμης (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάνα Ε. Λάζου 2016; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

3.3.2 Ζάχαρη

Κατά κύριο λόγο τα προϊόντα αρτοποιίας έχουν γλυκιά γεύση, για αυτό και τα γλυκαντικά είναι ένα από τα κύρια συστατικά τους. Υπάρχουν ελάχιστα προϊόντα αρτοποιίας που παρασκευάζονται χωρίς την προσθήκη κάποιου γλυκαντικού. Η χημική σύνθεση, οι φυσικοχημικές ικανότητες, και η φυσική μορφή ενός τρόφιμου σχετίζονται άμεσα με την επίδραση των γλυκαντικών. Από χημικής άποψης, τα θρεπτικά γλυκαντικά σε ένα τρόφιμο μπορεί να είναι μόνο- ή δισακχαρίτες ή ακόμη και σύνθετοι υδατάνθρακες όπως ολιγοσακχαρίτες ή δεξτρίνες. Από φυσικής άποψης, τα γλυκαντικά μπορούν να είναι είτε στερεής είτε υγρής μορφής. Πέρα της γλυκιάς γεύσης τα σάκχαρα χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη της ζύμης ως τροφή, για την ανάπτυξη του χρώματος στην κόρα ενισχύοντας την εμφάνιση, τη γεύση, την απαλότητα και την υφή των τελικών προϊόντων και την παράταση της διάρκειας ζωής στον άρτο. Ο άρτος καθώς και το τσουρέκι παρασκευάζονται από τη ζύμωση των σακχάρων του αλεύρου σίτου ή των προστιθέμενων σακχάρων για αυτό και θεωρούνται διογκωμένα προϊόντα. Εξαιτίας 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. Μετά από έρευνες διαπιστώθηκε ότι αυξάνοντας την περιεκτικότητα των σακχάρων και πιο συγκεκριμένα της σακχαρόζης μέχρι κάποια συγκεκριμένη ποσότητα αυξάνεται η συντηρητική δράση. Κάτι τέτοιο έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την βιομηχανία των τροφίμων για τα προϊόντα που διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Παρ' όλα αυτά, οι υπερβολική προσθήκη σακχαρόζης αναμένεται να οδηγήσει σε αστάθεια των πρωτεϊνών. Στη διαδικασία ανάμιξης, η σακχαρόζη ανταγωνίζεται τις πρωτεΐνες του αλεύρου σίτου για νερό. Η σακχαρόζη συνδέεται με το νερό αποτρέποντας έτσι την πλήρη ενυδάτωση της γλουτένης και καθυστερώντας την ανάπτυξη της. Η αύξηση των ποσοστών

της ζάχαρης σε ένα ζυμάρι αλεύρου σίτου απαιτεί μεγαλύτερους χρόνους ανάμιξης για την ανάπτυξη του δικτύου γλουτένης. Αυτό συμβαίνει διότι είναι διαθέσιμο λιγότερο νερό για την ενυδάτωση της γλουτένης λόγω της συγκράτησης του από τη ζάχαρη. Για να έχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα στο τελικό προϊόν, δηλαδή καλό όγκο και υφή ψίχας πρέπει να έχουμε τη σωστή αναλογία ζάχαρης και χρόνου ανάμιξης στη συνταγή. Έτσι η γλουτένη φτάνει και διατηρεί την βέλτιστη ελαστικότητα της, αφήνοντας τα αέρια που παράγονται κατά τη διάρκεια του στοφιάσματος να παραμένουν μέσα στο ζυμάρι. Η ζελατινοποίηση του αμύλου καθυστερεί κατά τον κλιβανισμό διότι η ζάχαρη μαλακώνει το πλέγμα απορροφώντας υγρά. Όταν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη καθυστερεί η ζελατινοποίηση του αμύλου και έτσι ευνοείται η ανάπτυξη φυσαλίδων αέρα και η ανάπτυξη μιας πιο πορώδους δομής του τελικού προϊόντος (Mondal and Datta 2008a; Hui, Lai', and Lin 2006; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

3.3.3 Νερό

Κατά την διαδικασία του κλιβανισμού το νερό παίζει έναν καθοριστικό ρόλο. Σε ένα αρτοποιημένο όλα τα συστατικά αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους ώστε να δώσουν στο τελικό προϊόν την υφή, την γεύση, το άρωμα και την αίσθηση στο στόμα. Τα περισσότερα από τα συστατικά περιέχουν νερό, σε διαφορετικές ποσότητες μη καθορισμένες. Όπως είναι γνωστό το νερό είναι μια πολική ουσία και αλληλοεπιδρά έντονα με άλλα πολικά συστατικά. Αυτό, συμβάλλει στην ενυδάτωση των πρωτεϊνών και του αμύλου, τη διάλυση των σακχάρων, των αλάτων και των μεσών διόγκωσης ενώ συμβάλλει και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Τα ανόργανα συστατικά του νερού δίνουν μια πιο σφιχτή και πιο ανθεκτική γλουτένη. Όταν τα ποσοστά νερού είναι αυξημένα στα προϊόντα ζυμώσεως τότε οι φυσαλίδες διοξειδίου του άνθρακα είναι περισσότερες και έτσι έχουμε μια πιο χοντρή ψίχα (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016; Baik 2008; Hui, Lai', and Lin 2006)

3.3.4 Αυγά

Τα αυγά αποτελούνται από δύο συστατικά το ασπράδι και τον κρόκο. Έχουν διαφορετική χημική σύνθεση μεταξύ τους. Το ασπράδι είναι υδατικό διάλυμα πρωτεϊνών όπως λευκωματίνη και σφαιρίνη ενώ ο κρόκος του αυγού είναι γαλάκτωμα λιπιδίων, πρωτεϊνών, νερού και μετάλλων. Ο κρόκος από το ασπράδι χωρίζονται με μια πολύ λεπτή μεμβράνη που περιβάλλει τον κρόκο. Το ασπράδι συμβάλλει στο όγκο του ζυμαριού όπως στην δομή και το σχήμα του. Σε αντίθεση ο κρόκος περιέχει κυρίως λιπίδια εκ των οποίων το 70% αποτελείται από τριγλυκερίδια το υπόλοιπο 30% μπορεί να αποτελείται από φωσφολιπίδια και

χοληστερόλη. Τα αυγά χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων για την βελτίωση και διατήρηση της ποιότητας της υφής και του όγκου των προϊόντων αρτοποιίας. Επηρεάζουν την υφή του τελικού προϊόντος μέσω της γαλακτοματοποίησης και τέλος προσθέτουν χρώμα γεύση και θρεπτική αξία (Mondal and Datta 2008b; Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

3.3.5 Λιπαρά

Τα αρτοποιημένα προϊόντα έχουν ποικίλη περιεκτικότητα σε λιπαρά. Μερικά είναι χαμηλά σε λιπαρά όπως το ψωμί, ενώ άλλα όπως τα προϊόντα πλούσιου ζυμαριού όπως το τσουρέκι και τα ντόνατς έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Τα βρώσιμα λίπη και έλαια προέρχονται από διαφορετικές πηγές, είτε ζωικές είτε φυτικές. Τα παραπάνω λίπη και έλαια έχουν διαφορετικές ιδιότητες και χρήσεις έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς. Η λειτουργία των λιπών και ελαίων στα προϊόντα αρτοποιίας βασίζεται στον αερισμό του ζυμαριού, δηλαδή στην εισαγωγή αέρα κατά την ανάμειξη της. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το καλύτερο ζύμωμα του προϊόντος ως προς την λίπανση δηλαδή στη μορφή με την οποία λειτουργούν ως λιπαντικά για την πρόληψη της ζύμης από το να κολλάει στην επιφάνεια της φόρμας, καθώς και την λίπανση της γλουτένης. Επιπλέον, η περιεκτικότητα σε λιπαρά παίζει καθοριστικό ρόλο στην τελική υφή και δομή του προϊόντος. Τα λίπη και έλαια συμβάλλουν σε ιδιότητες όπως το άρωμα και η εμφάνιση με αποτέλεσμα μια γυαλιστερή επιφάνεια και μια ομοιογενής δομή στον πυρήνα του προϊόντος. Η σημασία και ο ρόλος των λιπαρών εξαρτάται από το ποσοστό που προστίθεται στη συνταγή όπως και το είδος του προϊόντος. Υπάρχουν 4 διαφορετικοί τύποι λιπαρών που χρησιμοποιούνται στο ψήσιμο:

Βούτυρο: Το βούτυρο παρασκευάζεται αποκλειστικά από γάλα ή κρέμα γάλακτος ή και τα δύο, με ή χωρίς την προσθήκη αλατιού και με ή χωρίς την προσθήκη χρωστικών. Περιέχει λίπος βουτύρου τουλάχιστον 80% κατά βάρος. Το μη λιπαρό μέρος του βουτύρου αποτελείται από περίπου 16% νερό, 2,5% αλάτι και 1,5% στερεά γάλακτος.

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

Γαλακτωματοποιημένα λίπη (shortening): Τα γαλακτωματοποιημένα λίπη είναι επίσης γνωστά και ως πλαστικά λίπη, παρασκευάζονται με σχεδόν 100% ζωικό ή φυτικό λίπος ή και συνδυασμό των 2.

Φυτικά έλαια: σογιέλαιο, καλαμποκέλαιο, φοινικέλαιο, κλπ.

Ενώ το βούτυρο μπορεί να αντικατασταθεί με μαργαρίνη ή μαγειρικό λίπος, το ίδιο το βούτυρο έχει πλεονέκτημα στη γεύση και τη ζωντάνια, με αποτέλεσμα διαφορετικό τελικό προϊόν. Τα λίπη που χρησιμοποιούνται στη μαργαρίνη τείνουν να σχηματίζουν μικρούς κόκκους ή σφαίρες, ενώ τα ζωικά λίπη στο βούτυρο σχηματίζουν κρυστάλλους. Το βούτυρο εξαπλώνεται και στρώνεται πιο εύκολα και πιο ομοιόμορφα από την μαργαρίνη λόγω του φυσικού σχήματος των κρυστάλλων λίπους. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε λιπαρά στη συνταγή απαιτεί χαμηλότερη περιεκτικότητα σε νερό για να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή και σταθερότητα στη ζύμη. Ειδικότερα σε προϊόντα πλούσιου ζυμαριού όπως το τσουρέκι, το λίπος πρέπει να διασκορπίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην διακόπτεται το πλέγμα της γλουτένης, δίνοντας στο τελικό προϊόν μια υφή ινώδη ή σαν κλωστές (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021; Sozer et al. 2011; Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάνα Ε. Λάζου 2016; Fadda et al. 2014; P. R. Smith and Johansson 2004)

3.3.6 Ζύμη

Ο *Saccharomyces cerevisiae*, γνωστός και ως μύκητας ψησίματος, είναι το βασικό συστατικό σε πολλά διογκωμένα προϊόντα. Οι συνθήκες που απαιτούνται για την ανάπτυξη του μύκητα είναι η θερμοκρασία να κυμαίνεται από 28-32°C, να υπάρχει υγρασία και τροφή κυρίως άμυλο και ζάχαρη. Ο μύκητας αυτός μπορεί να αναπτυχθεί υπό αναερόβιες και αερόβιες συνθήκες. Τα κύτταρα της ζύμης καταναλώνουν τα υπάρχοντα ζυμώμενα σάκχαρα (αλκοολική ζύμωση σακχάρων) και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και αιθανόλη, τα οποία είναι υπεύθυνα για την αύξηση του όγκου της ζύμης και τη διαμόρφωση της δομής του εσωτερικού πυρήνα. Υπό αερόβιες συνθήκες, η ζύμη αναπτύσσεται γρήγορα λόγω της οξειδωσης των σακχάρων, παράγοντας νέα ζύμη, νερό και την ενέργεια που απαιτείται για την ανάπτυξη. Έρευνες έχουν δείξει ότι η ζύμη ψησίματος έχει και άλλες λειτουργίες. Εκτός από τους δύο κύριους μεταβολίτες, παράγονται και άλλοι μεταβολίτες, όπως οργανικά οξέα, γλυκερίνη και αρωματικές ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη διαδικασία παρασκευής του ψωμιού και στην τελική του ποιότητα. Τέλος τα συστατικά του ζυμαριού, οι συνθήκες ζύμωσης της ζύμης, οι συνθήκες προγεννητικής ζύμης και η γενετική σύνθεση του στελέχους ζύμης επηρεάζουν την παραγωγή μεταβολιτών ζύμωσης (Mondal and Datta 2008b; Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάνα Ε. Λάζου 2016; Struyf et al. 2017; Hui, Lai', and Lin 2006)

3.3.7 Γάλα

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αρτοποιία τόσο για τα θρεπτικά τους συστατικά όσο και για τις λειτουργικές του ιδιότητες. Το γάλα περιέχει πολλά μακροθρεπτικά συστατικά όπως λίπος, πρωτεΐνη και λακτόζη, βιταμίνες και μικροθρεπτικά συστατικά όπως μέταλλα. Η προσθήκη του γάλακτος σε αρτοσκευάσματα εκτός του ότι βοηθάει στον καλύτερο χειρισμό του ζυμαριού βελτιώνει και την ποιότητα του χρώματος, της γεύσης και της υφής της ψίχας. Το κατά πόσο θα επηρεαστεί η ρεολογία του ζυμαριού εξαρτάται από την αλληλεπίδραση των πρωτεϊνών και του λίπους του γάλακτος με την γλουτένη. Το ζυμάρι γίνεται πιο σφιχτό και αυξάνεται ο χρόνος διατήρησης του από τις πρωτεΐνες, η τρυφερότητα εξαρτάται από τα λιπίδια όπου μαλακώνουν την γλουτένη και τέλος η λακτόζη είναι υπεύθυνη για το χαρακτηριστικό καφέ χρώμα στον άρτο αλλά και σε άλλα είδη αρτοποιίας επειδή είναι ένα σάκχαρο που δεν μπορεί να υποστεί ζύμωση από ζύμες έτσι παραμένει στο ζυμάρι μετά τη ζύμωση και συμμετέχει στις αντιδράσεις Maillard κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του κλιβανισμού (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021; Hirpara Krupa 2011; Chandan and Kilara 2011)

3.3.8 Αλάτι

Η χρήση του αλατιού είναι πολύ συνηθισμένη στα αρτοσκευάσματα. Η χρήση του μπορεί να γίνεται για τρεις λόγους:

- Για λόγους επεξεργασίας
- Για τη βελτίωση της γεύσης και της οσμής του τελικού προϊόντος
- Για λόγους διατήρησης του προϊόντος

Κατά την προσθήκη αλατος αναστέλλεται η ενυδάτωση της γλουτένης, αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα πιο σταθερό πλέγμα. Έτσι το ζυμάρι έχει την δυνατότητα να συγκρατεί καλύτερα το διοξείδιο του άνθρακα. Εκτός από ενισχυτικό χρώματος μειώνει και την δράση της ζύμης ώστε η διόγκωση του ζυμαριού να είναι ελεγχόμενη. Η πιο συνηθισμένη ποσότητα αλατος που προστίθεται είναι 1-2% επί το βάρος του αλεύρου (Mondal and Datta 2008b; Salinas and Puppo 2018; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

3.3.9 Μικρό-συστατικά

Εκτός από τα κύρια συστατικά της εκάστοτε συνταγής για την παρασκευή του τσουρεκιού προστίθενται και μερικά ακόμα συστατικά σε πολύ μικρότερες ποσότητες, τα οποία όμως δεν επηρεάζουν τις ιδιότητες των λοιπών συστατικών. Τα μικρά συστατικά είναι αυτά που δίνουν

αυτό το πολύ χαρακτηριστικό άρωμα στο τσουρέκι ή ενισχύουν το είδη υπάρχων άρωμα και τη γεύση. Αυτά είναι το μαχλέπι, η μαστίχα, η βανίλια και το πορτοκάλι.

3.4 Ανάμιξη συστατικών και σχηματισμός ζυμαριού

3.4.1 Σκοπός/διαδικασία ανάμιξης

Κατά τα χρόνια έχουν γίνει διάφορες έρευνες οι οποίες έχουν ασχοληθεί με την θεμελίωση των δομικών αλλαγών στο πλέγμα της γλουτένης κατά τη διάρκεια της ανάδευσης αλλά και τις χημικές αλλαγές που υφίσταται η γλουτένη. Η διαδικασία ανάδευσης αλλά και οι μέθοδοι ανάλογα με το τελικό προϊόν διαφέρουν. Έτσι έχουμε διάφορες κατηγορίες τελικών προϊόντων στην αγορά. Μέσον των ερευνών αποδείχθηκε ότι οι τελικές ιδιότητες του ζυμαριού εξαρτώνται από την περιεκτικότητα του αλεύρου σε πρωτεΐνες. Πιο συγκεκριμένα στα τσουρέκια η ποιότητα του εξαρτάται από τα συστατικά της εκάστοτε συνταγής, την μέθοδο ανάμιξης και τέλος από τον κλιβανισμό. Υπάρχουν δύο μέθοδοι παραγωγής τσουρεκιού η μέθοδος ενός σταδίου και η μέθοδος εκκινητή - προζύμης και ζυμαριού (sponge-and-dough), η τελευταία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Η ανάμιξη έγινε σε αναμίκτη με αναμικτήρες οι οποίοι ακολουθούσαν ελλειπτική φορά, πετυχαίνοντας αρχικά την ομογενοποίηση των συστατικών, έπειτα την μηχανική καταπόνηση και τέλος την δημιουργία του δικτύου γλουτένης που συμβάλει στις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού. Μερικοί εξίσου σημαντικοί παράγοντες για την βέλτιστη παραγωγή τσουρεκιού με κατάλληλη υφή και διόγκωση είναι ο χρόνος και η ταχύτητα της ανάμιξης αλλά και ο όγκος τους δοχείου ανάμιξης (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021; Gray and Bemiller 2003; Alava, Millar, and Salmon 2001; Shehzad et al. 2012)

3.4.2 Μέθοδοι ανάμιξης

Όπως αναφέρθηκε υπάρχουν δύο μέθοδοι ανάμιξης η μέθοδος ενός σταδίου και η μέθοδος του εκκινητή και ζυμαριού. Η βασική διαφορά των δύο μεθόδων είναι η σειρά κατά την οποία προστίθενται τα συστατικά αλλά και η διάρκεια ανάμιξης στα στάδια παραγωγής του τσουρεκιού. Με την μέθοδο του ενός σταδίου απαιτείται η χρήση χημικών διογκωτικών όπως σόδα ή baking powder, τα υλικά προστίθενται στον περιέκτη μέχρι να δημιουργηθεί μια ομοιογενής μάζα, η προσθήκη του λίπους γίνεται σταδιακά προς το τέλος της ανάδευσης. Η ζύμωση γίνεται σε δύο στάδια, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αλλαγές στις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού. Με την πρώτη διόγκωση επιτυγχάνεται η ικανότητα διατήρησης του σχήματος

και με τη δεύτερη της διόγκωσης. Τέλος κομμάτια ζυμαριού παραμένουν σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για περίπου μια ώρα έως ότου επέλθει ο μέγιστος δυνατός όγκος. Το βασικότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η μείωση του χρόνου ανάμιξης ωστόσο προσδίδει στο τελικό προϊόν ελλιπή υφή και γεύση. Με την δεύτερη μέθοδο δηλαδή αυτή του εκκινητή και ζυμαριού, τα συστατικά αναμειγνύονται σε διαφορετικούς χρόνους. Αρχικά αναμειγνύεται η ζύμη με μέρος του αλεύρου και του νερού, έπειτα μετά την πρώτη διόγκωση προστίθενται τα υπόλοιπα υλικά που απαιτεί η συνταγή μαζί με τα υπόλοιπα μέρη του αλεύρου και του νερού. Η προσθήκη της λιπαρής ύλης γίνεται στο τέλος σε στάδιο ώστε να αφομοιωθεί στο ζυμάρι και να μην προκαλέσει ρήξη του πλέγματος της γλουτένης. Το τελικό ζυμάρι κόβεται σε κομμάτια, και αφήνεται να πάρει τον τελικό του όγκο για περίπου μια ώρα πριν ψηθεί. Η περίπου μια ώρα διόγκωσης που απαιτείται εξασφαλίζει μια κυψελώδη δομή με μεγάλο αριθμό κυψελών στο προϊόν. Αυτού του τύπου δομή προσδίδει ελαφρότητα όπως φαίνεται από τον ειδικό όγκο και το πορώδες της ψίχας (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021; YIN et al. 2021)

3.4.3 Διαίρεση ζυμαριού

Η διαίρεση του ζυμαριού πραγματοποιείται για να σχηματιστούν μικρότερα κομμάτια ζυμαριού ίσου βάρους. Στις βιομηχανίες η διαίρεση γίνεται από αυτοματοποιημένα μηχανήματα, η κλασική μέθοδος διαίρεσης ζυμαριού γίνεται με μαχαίρι. Η διαίρεση πρέπει να πραγματοποιείται σε όσο το δυνατόν πιο σύντομο χρονικό διάστημα (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021).

3.4.4 Ζύμωση-ωρίμανση-διόγκωση ζυμαριού

Ένας από τους τρόπους φυσικής διόγκωσης στην αρτοποιεία είναι η προζύμη. Η προζύμη είναι μια ζύμη που περιέχει καλλιέργεια ζυμομυκήτων κατά κύριο λόγο *Saccharomyces cerevisiae*. Με την δημιουργία προζύμης στο ζυμάρι πετυχαίνουμε πιο σταθερή δομή της γλουτένης και εγκλωβισμό του αέρα στις κυψελίδες με αποτέλεσμα την διόγκωση του ζυμαριού. Στη διόγκωση του ζυμαριού εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα σημαντικό ρόλο παίζει και ο σχηματιζόμενος ατμός. Η ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης των ζυμομυκήτων είναι από 36-39°C, παρόλα αυτά δεν χρησιμοποιούνται τέτοιες θερμοκρασίες κατά την ζύμωση. Αν η θερμοκρασία υπερβεί τους 55°C τότε αδρανοποιούνται οι ζυμομυκήτες. Η ωρίμανση του ζυμαριού γίνεται σε ειδικές στόφες για 30-40 λεπτά. Ανάλογα την συνταγή και

το τελικό προϊόν που θέλουμε να πετύχουμε τότε οι χρόνοι και ο αριθμός του στοφίασματος διαφέρουν (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016)

3.4.5 Σχηματοποίηση ζυμαριού

Κατά την σχηματοποίηση του ζυμαριού το τσουρέκι παίρνει το χαρακτηριστικό του σχήμα, δημιουργούνται οι ίνες στο τσουρέκι και παράλληλα γίνεται ομοιόμορφη κατανομή των φυσαλίδων στη ζύμη. Αυτή η διαδικασία γίνεται μετά την διαίρεση. Η μόνη προσοχή που πρέπει να δοθεί είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας σταθερά διότι η πτώση της θα αυξήσει τον χρόνο ζύμωσης ή και την ολική αποτυχία του τελικού αποτελέσματος (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016)

3.4.6 Κλιβανισμός

Αφού ολοκληρωθεί το στάδιο του σχηματισμού ζυμαριού σειρά έχει το τελευταίο στάδιο της παραγωγής που ονομάζεται κλιβανισμός. Ο κλιβανισμός λαμβάνει χώρα σε φούρνο από τον οποίο μεταφέρεται θερμότητα από τα τοιχώματα αλλά και με μεταφορά αέρα προς τη ζύμη, ενώ μέσα στη ζύμη η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγή. Κατά τη διαδικασία του κλιβανισμού συμβαίνουν διάφορες αλλαγές στη ζύμη όπως η εναλλαγή από κατάσταση αφρού σε σφουγγαριού, η σχηματοποίηση κόρας-ψίχας η μείωση του ποσοστού υγρασίας και άλλες φυσικές χημικές και βιοχημικές αλλαγές. Οι θερμοκρασίες λοιπόν που αναπτύσσονται μέσα στο ζυμάρι είναι 100°C ενώ στην εξωτερική επιφάνεια μπορεί να φτάσει τους 180-200°C. Όταν το ζυμάρι μπει στον φούρνο η ζυμωτική δραστηριότητα του *Saccharomyces cerevisiae* αυξάνεται μέχρι να έρθει ο θάνατος του μικροοργανισμού σε θερμοκρασία πάνω από τους 50°C. Το τσουρέκι δέχεται μια αύξηση περίπου στο 40% του όγκου του λόγω της θέρμανσης. Στο κέντρο του ζυμαριού η θερμοκρασία κυμαίνεται από 90-95°C για να μην καταρρεύσει το ζυμάρι λόγω μη εύκαμπτης δομής. Λόγω των διάφορων θερμοκρασιών που δημιουργούνται κατά τον κλιβανισμό η επιφάνεια της ζύμης η οποία έρχεται πρώτη σε επαφή με την θερμοκρασία του φούρνου χάνει την ελαστικότητα της και παίρνει ένα καστανό χρώμα λόγω των αντιδράσεων Maillard. Όταν έχει ολοκληρωθεί ο κλιβανισμός η κόρα έχει μικρή τιμή υγρασίας έτσι γίνεται τραγανή και εύθρυπτη. Σε αντίθεση η ψίχα διατηρεί την υγρασία της και έτσι παραμένει μαλακή και με ανοιχτόχρωμη εμφάνιση (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

3.4.7 Συσκευασία

Τα προϊόντα αρτοποιίας παραμένουν φρέσκα μόνο για λίγες ώρες μετά το ψήσιμό τους. Οι κύριες αιτίες που μειώνεται ο χρόνος ζωής τους και η ποιότητα τους είναι το μπαγιάτεμα και η ανάπτυξη μικροοργανισμών. Στην αγορά υπάρχουν πολλές μέθοδοι συσκευασίας για την αύξηση της διάρκειας ζωής ενός προϊόντος και για την μείωση της ανάπτυξης μικροοργανισμών. Η πιο σημαντική λειτουργία της συσκευασίας είναι να προστατεύει τα τρόφιμα από περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μικροβιολογικές αλλοιώσεις, χημικούς ρύπους, οξυγόνο και υγρασία ώστε να διατηρεί στο μέγιστο τη διάρκεια ζωής του προϊόντος και να ενισχύει την ασφάλεια του. Οι συμβατικές μέθοδοι συσκευασίας προστατεύουν το τρόφιμο με τρόπο όπου το προϊόν δεν αλληλοεπιδρά με την συσκευασία. Υπάρχουν επίσης και κατηγορίες συσκευασίας όπου αλληλοεπιδρούν με το τρόφιμο, δημιουργούν ένα βέλτιστο περιβάλλον μέσα στη συσκευασία για να παρατείνουν την διάρκεια ζωής του. Στην συγκεκριμένη εργασία έχει μελετηθεί η αποθήκευση με μια συμβατική μέθοδο συσκευασίας και συγκεκριμένα με χρήση μεμβράνης PP (πολυπροπυλενίου). Το πολυπροπυλένιο είναι ένα υλικό που μοιάζει αρκετά με το πολυαιθυλένιο το πολυμερές που χρησιμοποιείται πιο πολύ στην συσκευασία τροφίμων. Στην συσκευασία ειδών αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής βρίσκουν πολλές εφαρμογές οι μεμβράνες από προσανατολισμένο σε μια κατεύθυνση PP και το προσανατολισμένο σε δύο κατεύθυνσης PP. Αφού το προϊόν συσκευαστεί τότε η συσκευασία κλίνεται με ειδικό ποδοκίνητο θερμοσυγκολλητή KINGSTAR PFS-F 350/5. Στην παγκόσμια αγορά υπάρχουν διάφορα είδη για κλείσιμο συσκευασίας όπως κλιπς, αυτοκόλλητα και θερμοσυγκολλητές (Alhendi and Choudhary 2013; Σπυρίδων Ε. Παπαδάκης 2018)

4 Παλαίωση

4.1 Εισαγωγή

Με τον όρο παλαίωση ή μαγιατέμα εννοούμε το σύνολο χημικών και φυσικών διαδικασιών που επηρεάζουν την αρτιότητα του άρτου καθώς και των υπόλοιπων γλυκών αρτοσκευασμάτων (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016).

Οι συνθήκες αποθηκεύσεως αποτελούν έναν από τους κύριους παράγοντες μαγιατέματος. Η παλαίωση ή/και μαγιατέμα των αρτοσκευασμάτων οδηγούν σε απώλεια σημαντικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όπως η γεύση, η οσμή και η υφή. Αυτό οφείλεται σε ορισμένες φυσικοχημικές αντιδράσεις, οι οποίες διαδραματίζονται κατά το χρονικό διάστημα της αποθήκευσης των αρτοσκευασμάτων και έχουν ως συνέπεια την αύξηση της σκληρότητας της ψίχας και την απώλεια της φρεσκάδας. Παρόλο που δεν έχουν καθοριστεί πλήρως οι μηχανισμοί παλαίωσης είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ότι οι πιο σημαντικοί παράγοντες είναι η επανατακτοποίηση του αμύλου, η αλληλεπίδραση του αμύλου με τη γλουτένη καθώς και η ανακατανομή της υγρασίας (Gray and Bemiller 2003; Fadda et al. 2014; Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016) . Ειδικότερα όσο αναφορά στο μαγιατέμα του άρτου περιλαμβάνονται εκτός των μικροβιακών και όλες οι άλλες μεταβολές που συμβαίνουν μετά τον κλιβανισμό. Παρόλο που τέτοιου είδους μεταβολές λαμβάνουν χώρα εξίσου στην κόρα και στη ψίχα σημαντικότερο ρόλο στην παλαίωση του άρτου φαίνεται να παίζει η σκληρότητα της ψίχας. Επιπροσθέτως οφείλουμε να διερευνήσουμε μεταβολές όπως: η απώλεια της γεύσης και οσμής, η μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού, η ποσότητα του διαλυτού αμύλου, η ευαισθησία του αμύλου στα ένζυμα, η αύξηση της κρυσταλλικότητας του αμύλου καθώς και την αδιαφάνεια (Ευάγγελος Σ. Λάζος and Ανδριάννα Ε. Λάζου 2016; Gray and Bemiller 2003).

Η μελέτη της παλαίωσης παρουσιάζει ενδιαφέρον τόσο στα απλά προϊόντα ζυμαριού όσο και στα πλούσιου ζυμαριού. Όσο περισσότερα είναι τα συστατικά τόσες περισσότερες διεργασίες συμβαίνουν, οι οποίες επηρεάζουν την παλαίωση είτε αρνητικά είτε θετικά. Στη συνέχεια θα αναπτύξουμε και θα παρουσιάσουμε τα κύρια στοιχεία των αναφερθέντων παραγόντων καθώς και το αντίκτυπο που παρουσιάζει ο καθένας στην παλαίωση των αρτοσκευασμάτων.

4.2 Μηχανισμοί Παλαίωσης

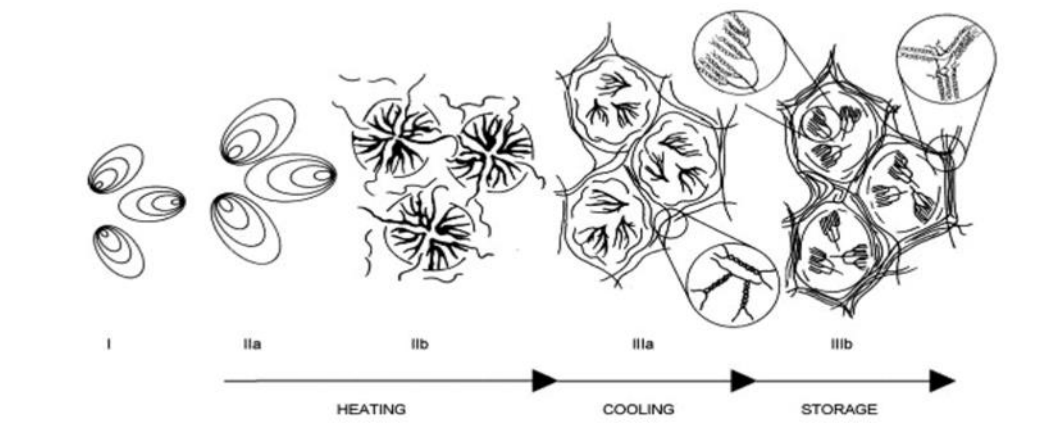
4.2.1 Ο ρόλος του αμύλου

Το αλεύρι σίτου περιέχει 84 έως 88% (ξ/β) άμυλο. Το άμυλο είναι το κυριότερο συστατικό αποθήκευσης των σιτηρών και το συναντάμε στο ενδοσπέρμιο του σίτου υπό τη μορφή κόκκων. Ειδικότερα το άμυλο είναι ο συνδυασμός δύο πολυμερών, της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης κατά αναλογία περίπου 1:3. Επίσης το άμυλο εξαιτίας των μοναδικών του ιδιοτήτων κατέχει ξεχωριστή θέση στην ανθρώπινη διατροφή αλλά και στα προϊόντα αρτοποιίας. Έχει βρεθεί πως η αύξηση της περιεκτικότητας σε άμυλο είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνη για τις αυξήσεις του μεγέθους των σιτηρών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ποικιλιών σίτου υψηλής απόδοσης. Το άμυλο αποτελεί βασικό παράγοντα της παλαίωσης διότι συνδέεται άρρηκτα με την περιεκτικότητα του σίτου σε πρωτεΐνες. Στην παγκόσμια συλλογή σιταριού ενδεικτικά παρουσιάζεται εύρος από 7 έως 22% πρωτεΐνη επί ξηρού βάρους σίτου. Αυτή η απόκλιση έχει αποδοθεί τόσο στον γονότυπο όσο και στο είδος του αλεύρου που προκύπτει έπειτα από την επεξεργασία του σίτου (σκληρό αλεύρι, αλεύρι ολικής λευκό αλεύρι).

4.2.2 Επανατακτοποίηση του αμύλου

Επανατακτοποίηση ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία οι διαταραγμένες αλυσίδες αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης μπορούν να επανασυνδεθούν σε μια διαφορετική δομή όταν το άμυλο θερμαίνεται παρουσία νερού και στη συνέχεια ψύχεται. Η διαδικασία της επανατακτοποίησης του αμύλου, η οποία αρχικά περιλαμβάνει ταχεία ανακρυστάλλωση των μορίων της αμυλόζης, ακολουθούμενη από αργή επανακρυσταλλοποίηση των μορίων της αμυλοπηκτίνης. Η σχηματική απεικόνιση των αλλαγών που συμβαίνουν σε ένα μείγμα αμύλου νερού κατά τη θέρμανση, την ψύξη και την αποθήκευση απεικονίζεται στην Εικόνα

4.2.2



Εικόνα 4.2.2 - Σχηματική αναπαράσταση των αλλαγών που συμβαίνουν σε ένα μείγμα αμύλου-νερού κατά τη θέρμανση, την ψύξη και την αποθήκευση. (I) Εγγενείς κόκκοι αμύλου · (II) ζελατινοποίηση, που σχετίζεται με τη διόγκωση [a] και έκπλυση αμυλόζης και μερική διακοπή κόκκων [b], με αποτέλεσμα τον σχηματισμό πάστας αμύλου. (III) οπισθοδρόμηση: σχηματισμός δικτύου αμυλόζης (πηκτωματοποίηση / οπισθοδρόμηση αμυλόζης) κατά τη διάρκεια της ψύξης της πάστας αμύλου [a] και σχηματισμός διατεταγμένων ή κρυσταλλικών μορίων αμυλοπηκτίνης (ανάδρομη αμυλοπηκτίνη) κατά την αποθήκευση [b] (Wang et al., 2015).

Η επανατακτοποίηση του αμύλου είναι μια διαδικασία κατά την οποία οι διαχωρισμένες αλυσίδες αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης σε μια ζελατινοποιημένη πάστα αμύλου επανασυνδέονται για να σχηματίσουν πιο διατεταγμένες δομές. Αυτό ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1852. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επανατακτοποίησης, οι δύο πολυσακχαρίτες αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη παίζουν διαφορετικούς ρόλους. Καθώς η επανατακτοποίηση του αμύλου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που περιλαμβάνει μια σειρά μοριακών και φυσικοχημικών συμβάντων, έχει εφαρμοστεί ποικιλία φυσιοκεντρικών και χημικών μεθόδων για τη διερεύνηση των αλλαγών που συμβαίνουν στις ιδιότητες του αμύλου. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν διάφορες θερμικές, ρεολογικές, φασματοσκοπικές και χρωματογραφικές τεχνικές, διάχυση ακτινών X (XRD) και διασκορπισμό, μηχανικές δοκιμές και μικροσκοπική απεικόνιση.

Η ζελατινοποίηση και η επανατακτοποίηση είναι οι βασικές λειτουργικές ιδιότητες του αμύλου που καθορίζουν την ποιότητα και τη θρεπτική αξία των τροφίμων. Αν και πολλές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την επανατακτοποίηση του αμύλου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, είναι σαφές ότι καμία μέθοδος δεν μπορεί να δώσει πλήρη εικόνα της διεργασίας και των προϊόντων της, τόσο σε μακροσκοπικό, όσο και σε μοριακό επίπεδο. Η αναδόμηση του αμύλου θεωρείται κυρίως ως ανεπιθύμητη διαδικασία που συμβαίνει κατά

την αποθήκευση των αμυλούχων τροφίμων. Η καθυστέρηση, ή η αναστολή της επανατακτοποίησης του αμύλου, είναι ιδιαίτερης σημασίας και αποτελεί πρόκληση για τη βιομηχανία τροφίμων. Είναι ένας τομέας όπου έχουν γίνει μεγάλες προσπάθειες για τη μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν. Παράγοντες, όπως η περιεκτικότητα σε νερό, η θερμοκρασία αποθήκευσης, ο χρόνος αποθήκευσης και τα πρόσθετα στο σύστημα τροφίμων επηρεάζουν την ανακατάταξη του αμύλου. Η παρουσία συστατικών τροφίμων, όπως λιπιδίων, υδατανθράκων, αλάτων, πρωτεϊνών ή πεπτιδίων από την μια έχει αποδειχθεί ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καθυστέρηση του ρυθμού επανατακτοποίησης του αμύλου. Τα πρόσθετα τροφίμων από την άλλη μπορούν να μεταβάλουν σημαντικά το ρυθμό και την έκταση της ανακατάταξης του, μέσω του ανταγωνισμού για το νερό με άμυλο ή μέσω της ανάμειξης στην επανένωση αλυσίδων αμύλου. Τα πρόσθετα τροφίμων που μεταβάλλουν τη δραστηριότητα των συστημάτων αμύλου-νερού μπορεί να αποτελέσουν κλειδί για τον έλεγχο της ανακατάταξης του αμύλου (Wang et al. 2015; Fadda et al. 2014; Gray and Bemiller 2003; “A New Approach to Study Starch Changes Occurring in the (1)” n.d.).

4.2.3 Μετανάστευση της υγρασίας

Η υγρασία μπορεί να επηρεάσει τη σκληρότητα της ψίχας με διάφορους τρόπους, 1) ανακατανομή υγρασίας, 2) ανακρυστάλλωση αμύλου, 3) ωρίμανση άμορφου δικτύου, 4) ιδιότητες γλουτένης.

Η διαβάθμιση της υγρασίας μεταξύ του κέντρου και της άκρης του ενός αρτοσκευάσματος οδηγεί σε μετανάστευση νερού, η οποία επηρεάζει την κινητική με πολλούς τρόπους. Η αλλαγή της υγρασίας καθώς και οι αλλαγές στην περιεκτικότητα νερού και στην ενεργότητα νερού τόσο κέντρο της ψίχας όσο και κοντά στη κρούστα καθορίζουν άμεσα την παλαίωση. Το ψωμί με λεπτή κρούστα θα μπορούσε να καθυστερήσει το μπαγιάτισμα μειώνοντας τη μεταφορά υγρασίας από τη ψίχα στην κόρα. Άλλη μια επικρατής υπόθεση σχετικά με το ρόλο της υγρασίας είναι πως το νερό δρα σαν πλαστικοποιητής για άμορφες περιοχές και μπορεί να επηρεάσει τον ρυθμό και τον τρόπο παλαίωσης των αρτοσκευασμάτων καθώς και τις μεταβολές που υφίστανται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Συμπερασματικά η παλαίωση δεν μπορούσε να εξηγηθεί μόνο με την μείωση της υγρασίας. Υπάρχει περίπτωση η σκληρότητα της ψίχας να επηρεάζεται από απώλεια υγρασίας από τη φάση της γλουτένης στη φάση του αμύλου, Καθώς και κατά τη διάρκεια της παλαίωσης η υγρασία μπορεί μεταναστεύσει από το άμυλο στη γλουτένη. Σε κάθε περίπτωση η μετανάστευση ή η ανακατανομή του νερού κατά την αποθήκευση του αρτοσκευάσματος

παίζει σαφώς ρόλο στη παλαίωση.(Wang et al. 2015; Ding et al. 2019; Mondal and Datta 2008b)

4.2.4 Ο ρόλος της πρωτεΐνης

Η πρωτεΐνη είναι ένα άλλο συστατικό που έχει μελετηθεί για το ρόλο του στην παλαίωση των αρτοσκευασμάτων. Έχει εξαχθεί το συμπέρασμα πως η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες αλευριού είναι σημαντικός παράγοντας για τον ρυθμό παλαίωσης του άρτου. Η βασική πρωτεΐνη που καθορίζει την ικανότητα του αλεύρου να μεταποιείται προς διάφορα προϊόντα αλλά και μειώνει την ταχύτητα σκληρότητας του άρτου κατά τη διάρκεια της παλαίωσης είναι η γλουτένη. Ειδικότερα οι πρωτεΐνες της γλουτένης μαζί με τις γλοιαδίνες και τις γλουτενίνες αποτελούν το 80-85% του συνόλου της πρωτεΐνης στο αλεύρι. Επιπροσθέτως η πρωτεΐνη δεν έχει καμία επίδραση στο ποσοστό της πρώτης ύλης και η παλαίωση εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις του αμύλου με τη γλουτένη καθώς θεωρείται ότι τον σημαντικότερο ρόλο κατέχει η μετανάστευση της υγρασίας από το άμυλο στη γλουτένη όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω. Οι πρωτεΐνες όπως και η πεντοζάνες που θα αναφερθούν στη συνέχεια έχουν την ικανότητα να διατηρούν περισσότερο δεσμευμένο νερό στον άρτο το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να διατηρείται φρέσκος για περισσότερο καιρό και κατά συνέπεια έτσι ευνοείται η παλαίωση του. Άλλωστε η γλουτένη χρησιμοποιείται ως πηγή υγρασίας ώστε να ρυθμίσει τυχόν μεταβολές στην ενυδατική ικανότητα του αμύλου.

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει το ποσοστό της πρωτεΐνης διαφέρει σε κάθε άλευρο θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν και τη ποιότητα του αλεύρου και το ποσοστό αλλά και την ποιότητα πρωτεΐνης που περιέχει. Όταν μάλιστα πρόκειται για αρτοσκεύασμα θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας και υλικά που επηρεάζουν το ποσοστό πρωτεΐνης όπως τα αυγά, το βούτυρο και άλλα ζωικά προϊόντα.

Παρόλο που δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση πολλοί αναφέρουν πως η υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της πρωτεΐνης και της σκληρότητας του άρτου καθώς όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες τόσο μειώνεται η σκληρότητα της ψίχας. Αυτή η δράση της γλουτένης οφείλεται είτε στην αραίωση του αμύλου είτε στην επίδραση της στον όγκο του καρβελιού. Συνεπώς οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως η παλαίωση είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αλληλεπίδραση μεταξύ διογκωμένων κόκκων αμύλου και του δικτύου πρωτεϊνών.

Επίσης η αναλογία πρωτεΐνης με αμύλου σε οποιοδήποτε αρτοσκεύασμα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κατά την παλαίωση του (Gray and Bemiller 2003)

5 . Πειραματικό μέρος

5.1 Σκοπός

Όλα τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Οι ρυθμοί με τους οποίους ο καταναλωτής πλέον διαλέγει τις πιο φυτικές επιλογές τροφίμων έχουν κάνει αναγκαία την δημιουργία ολοένα και περισσότερων χορτοφαγικών τροφίμων. Για αυτή την μελέτη επιλέχθηκε 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 αλλά και όλο τον υπόλοιπο χρόνο, μας έδωσε το έναυσμα για την υλοποίηση, πραγματοποίηση και διερεύνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Σκοπός της είναι η αποθήκευση, παλαίωση και μελέτη των αρτοποιημάτων στο πέρασμα του χρόνου όταν συντηρούνται σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Επιπλέον μελετήθηκε η επίδραση της παλαίωσης σε τροποποίηση της κλασικής συνταγής του παραδοσιακού τσουρεκιού αντικαθιστώντας τα ζωικά συστατικά με φυτικά. Η συλλογή της υπάρχουσας βιβλιογραφίας πραγματοποιήθηκε ανάλογα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα οποία αναφέρονται κυρίως στην παραγωγή άρτου και κέικ. Επιλέχθηκαν με πολύ προσοχή οι θερμοκρασίες αποθήκευσης, οι βέλτιστες συνθήκες αποθήκευσης των προϊόντων και οι χρόνοι αποθήκευσης. Ακολούθως διεξάχθηκαν τα πειράματα παρασκευής των κλασικών τσουρεκιών αλλά και των χορτοφαγικών. Έτσι μελετήθηκε η επίδραση του χρόνου και της θερμοκρασίας στα φυσικοχημικά, γεωμετρικά, δομικά, μηχανικά, οργανοληπτικά και χρωματικά χαρακτηριστικά του φρέσκου αρτοποιήσματος και των δυο κατηγοριών..

5.2 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 1
- 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 αγελάδας «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 αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

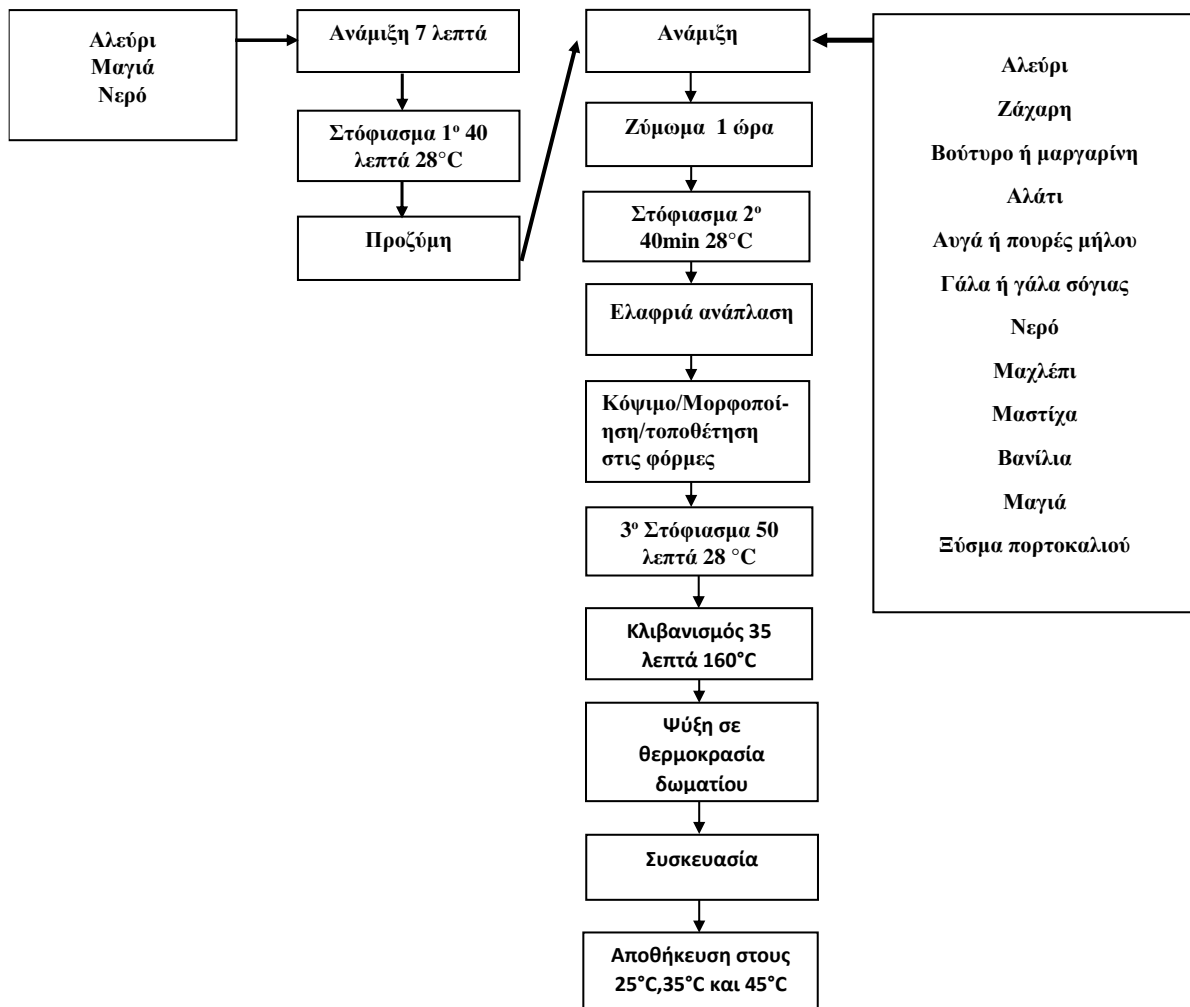
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ ΣΙΤΟΥ.

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

5.3 Πειραματική διαδικασία

Το πρώτο σκέλος της πειραματικής διαδικασίας αφορά στη παραγωγή του δείγματος. Η παραγωγή του τσουρεκιού (Σχήμα 5.3.1) γίνεται με την μέθοδο εκκινητή ζυμαριού (sponge and dough). Αρχικά γίνεται ζύγιση των πρώτων υλών (Σχήμα 5.3.2) σε ζυγό (ακριβείας δύο δεκαδικών ψηφίων). Έπειτα τοποθετούνται στον αναμκτήρα (Bosch, MUM58720) τα υλικά για την παρασκευή του προζυμιού, αναδεύονται για 7 min και το μίγμα τοποθετείται σε θάλαμο ζύμωσης για 40 min στους 28°C. Μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος προσθέτουμε στο μίγμα τα υπόλοιπα υλικά τα οποία αναδεύονται για 1 h προκειμένου να σχηματιστεί το ζυμάρι το οποίο τοποθετείται εκ νέου στο θάλαμο ζύμωσης για 40 min στους 28°C. Αφού ολοκληρωθεί και αυτή η διαδικασία το ζυμάρι χωρίζεται σε δείγματα των $570 \pm 2,5$ g, τα οποία μορφοποιούνται με τα χέρια, τοποθετούνται σε ορθογώνιες φόρμες αλουμινίου (30x10 cm) και οδηγούνται για την τελευταία παραμονή τους σε θάλαμο ζύμωσης για 50 min στους 28°C. Αφού επιτευχθεί πλήρης ωρίμανση και ανάπτυξη του ζυμαριού

ακολουθεί κλιβανισμός σε φούρνο για 35 min στους 160°C. Μετά τον κλιβανισμό τα αρτοσκευάσματα αφήνονται για περίπου 2 h σε θερμοκρασία δωματίου προκειμένου να ψυχθούν. Εν συνεχεία αποθηκεύονται σε σακούλες PP (30x40 cm), σφραγίζονται με θερμοκολλητικό μηχάνημα. Η αποθήκευση των τσουρεκιών έγινε σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες 25, 35 και 45°C μέσα σε κλίβανο όπου διατηρούσε σταθερή την επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία (Πίνακας 5.3). Ο κλίβανος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο BINDER INCUBATOR 260. Εκτός των διαφορετικών συνθηκών θερμοκρασίας σημαντικό ρόλο στην παλαίωση των αρτοσκευασμάτων κατά την αποθήκευση έπαιξαν και οι διαφορετικές ημέρες όπου φυλάσσονταν τα τσουρέκια στις παραπάνω συνθήκες. Στους 25°C και 35°C οι μέρες αποθήκευσης ήταν 0,1,4,7,10 και 14 ημέρες ενώ για τους 45°C ήταν 0,1,3,5,7 και 10 μέρες. (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021).



Σχήμα 5.3.1 Διάγραμμα Ροής παραγωγής τσουρεκιού.

Παραδοσιακό τσουρέκι

- Αλεύρι 1 kg
- Νερό 100 g
- Νοπή Μαγιά 100 g
- Ζάχαρη 350 g
- Αλάτι 5 g
- 5 Αυγά (~300 g)
- Βούτυρο γάλακτος 250 g
- Γάλα αγελάδος 100 g
- Μαχλέπι 30 g
- Μαστίχα 3 g
- Βανίλια 2 g
- Ξύσμα 1 πορτοκαλιού




Χορτοφαγικό τσουρέκι

- Αλεύρι 1 kg
- Νερό 100 g
- Νοπή Μαγιά 100 g
- Ζάχαρη 350 g
- Αλάτι 5 g
- Πουρές μήλου 345 g
- Μαργαρίνη 250 g
- Ρόφημα σόγιας 100 g
- Μαχλέπι 30 g
- Μαστίχα 3 g
- Βανίλια 2 g
- Ξύσμα 1 πορτοκαλιού



Σχήμα 5.3.2. Ποσότητες πρώτων υλών για την παρασκευή του παραδοσιακού και του χορτοφαγικού τσουρεκιού.

Πίνακας 5.3. Συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου αποθήκευσης.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ (°C)	25	35	45
		Χρόνος αποθήκευσης (μέρες)	
0		0	0
1		1	1
4		4	3
7		7	5
10			7
14			10

5.4 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων πλουσίου ζυμαριού (τσουρέκι) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

5.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Η μέτρηση της υγρασίας (x) πραγματοποιείται αφού το δείγμα ολοκληρώσει το χρόνο παλαίωσης του. Από κάθε τσουρέκι λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα από την ψίχα το οποίο τοποθετείται σε προζυγισμένα τρία τριβλία ανά 2g ($\pm 0,05$ g), τα οποία ξηραίνονται σε φούρνο για 24 h στους 110°C. Μετά το πέρας αυτού του χρόνου τα τριβλία τοποθετούνται σε ξηραντήρα με silica gel με σκοπό να αποφευχθεί η απορρόφηση υγρασίας κατά την ψύχρανση

τους. Τέλος αφού επανέλθουν σε θερμοκρασία δωματίου ζυγίζονται σε αναλυτικό ζυγό και μέσω της απώλειας βάρους τους υπολογίζεται η περιεχόμενη υγρασία τους. (Besbes et al., 2016; Fadda et al., 2014; Gray & Bemiller, 2003).

5.4.2 Προσδιορισμός ενεργότητας ύδατος

Η ενεργότητα ύδατος (a_w) της ψίχας του τσουρεκιού μετρήθηκε μέσω εξειδικευμένου οργάνου μέτρησης ενεργότητας ύδατος (Aqua Lab 4TE, Decagon Devices, Inc., USA) (Gonzales-Barron et al., 2020). Τα αποτελέσματα προκύπτουν έπειτα από τον μέσο όρο τουλάχιστον τριών μετρήσεων (Gray and Bemiller 2003; Besbes, le Bail, and Seetharaman 2016)

5.4.3 Προσδιορισμός της μεταβολής βάρους αρτοσκευασμάτων κατά τον κλιβανισμό (baking loss)

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής των αρτοσκευασμάτων αφού χωριστεί το ζυμάρι σε δύο ίσα μέρη μετριέται το αρχικό τους βάρος το οποίο σε συνδυασμό με το βάρος των δειγμάτων αφού ψυχθούν μας δίνει τη μεταβολή του βάρους κατά τον κλιβανισμό επί τοις εκατό (Σχέση 1). Το αποτέλεσμα προκύπτει από τον μέσο όρο τουλάχιστον τριών μετρήσεων (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

$$Baking\ loss = \frac{B_i - B_t}{B_i} * 100 \quad (1)$$

B_i = δείγμα ζυμαριού πριν τον κλιβανισμό

B = δείγμα τσουρεκιού πριν τη συσκευασία

5.4.4 Προσδιορισμός του ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων

Πραγματοποιείται δύο φορές ογκομέτρηση για κάθε δείγμα αρτοσκευάσματος. Η πρώτη γίνεται αφού ψυχθούν και η δεύτερη αφού ολοκληρώσουν το χρόνο παλαίωσης τους. Για την επίτευξη αυτής της μέτρησης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος εκτόπισης σπόρων. Αφού επιλεγεί το κατάλληλο δοχείο συμπληρώνεται πλήρως με μικρούς συμμετρικούς φυτικούς σπόρους (π.χ σιναπιού, λιναριού, φακές, φασόλια). Εν συνεχεία αφαιρούνται τα $\frac{3}{4}$ αυτής της ποσότητας και τοποθετείται το δείγμα στο εσωτερικό του δοχείου. Έπειτα συμπληρώνεται εκ νέου πλήρως το δοχείο, οι εναπομείναντες σπόροι μετριοούνται με ογκομετρικού κύλινδρο και έτσι προκύπτει ο όγκος του μετρούμενου δείγματος (V_A). Ο ειδικός όγκος (SV) του δείγματος πριν την αποθήκευση προκύπτει από την διαίρεση του μετρούμενου δείγματος με το βάρος του κλιβανισμένου δείγματος (B_A) (Σχέση 2) ενώ ο ειδικός όγκος (SV_A) μετά την αποθήκευση προκύπτει από την διαίρεση το μετρούμενου δείγματος (V_B) με το βάρος του δείγματος μετά

την αποθήκευση (B_B)(Σχέση 3).Και στις δύο περιπτώσεις ο ειδικός όγκος εκφράζεται σε mL/g προϊόντος. Τα αποτελέσματα προκύπτουν από τον μέσο όρο τουλάχιστον τριών δειγμάτων (Ding et al. 2019; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

$$SV = \frac{V_A}{B_A} \quad (2)$$

$$SV_A \frac{V_B}{B_B} \quad (3)$$

5.4.5 Προσδιορισμός του χρώματος αρτοσκευασμάτων

Μετά το πέρας της παλαίωσης του κάθε δείγματος πραγματοποιείται τριπλή μέτρηση του χρώματος τόσο στην κόρα όσο και στην ψίχα του τσουρεκιού. Για την μέτρηση αυτή χρησιμοποιείται χρωματόμετρο (HunterLab, Miniscan XE Plus) το οποίο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L^* , a^* , b^* βάσει του συστήματος CIELAB. Από αυτή τη μέτρηση προκύπτει η τιμή της διαφοράς του χρώματος σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (4)$$

Όπου 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.

Για τις τιμές ΔE ισχύει ότι εάν είναι μικρότερη του μηδενός δεν θεωρείται προφανείς για το ανθρώπινο μάτι, εάν είναι ανάμεσα στο ένα και στο τρία θεωρείται δύσκολα να διακριθούν από το ανθρώπινο μάτι ενώ εάν η τιμή είναι μεγαλύτερη του τρία θεωρείται προφανείς για το ανθρώπινο μάτι (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

5.4.6 Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων

Μετά το πέρας της παλαίωσης εκτιμώνται τα χαρακτηριστικά υφής των τσουρεκιών με χρήση των μηχανικών ιδιοτήτων. Ειδικότερα για τον προσδιορισμό της υφής χρησιμοποιούνται δύο δείγματα ίδιου χρόνου παλαίωσης από τα οποία λαμβάνονται συνολικά 4 φέτες πάχους 2 cm, στις οποίες εφαρμόζεται η δοκιμή ανάλυσης αναπαραστάσεως υφής (Texture Profile Analysis) με χρήση αναλυτή υφής (TA.XT2i, Stable Micro Systems). Σε κάθε φέτα γίνεται διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση με την βοήθεια κυλίνδρου P/25 (25 mm diam aluminium platen), με ταχύτητα συμπίεσης 1mm/s, βάθος διεύθυνσης 50% που αποτελεί προσομοίωση της διαδικασίας μάσησης. Ως αποτέλεσμα λαμβάνεται η τιμή δύναμης (Fmax) η οποία σε συνδυασμό με το χρόνο χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό παραμέτρων όπως η σκληρότητα (η μέγιστη δύναμη κατά την 1η διεύθυνση), 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 (Salinas & Purro, 2018).

5.4.7 Προσδιορισμός TBA

Με σκοπό την εύρεση του βαθμού οξειδωτικής τάγκισης των αρτοσκευασμάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος οξειδωτικής τάγκισης. Αρχικά για κάθε δείγμα μετριούνται 10g προϊόντος στα οποία προστίθενται 25ml ψυχρού διαλύματος τριχλωρικού οξέος σε 2M H₃PO₄, ομογενοποιούνται και μεταφέρονται ποσοτικά σε ογκομετρικό κύλινδρο 50 ml με απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια το μίγμα μεταφέρεται σε ποτήρι ζέσεως με αποχρωστική γη και διηθείται μέσω ηθμού Whatman. Έπειτα 5ml από το διήθημα τοποθετούνται σε γυάλινα φιαλίδια με 5ml αντιδραστηρίου TBA αναδεύονται και αφήνονται σε υδρόλουτρο για 35 λεπτά μέχρις ότου να σχηματιστεί έγχρωμο σύμπλοκο μηλαινικής αλδεϋδης. Τέλος γίνεται έλεγχος της απορρόφησης των διαλυμάτων με φωτόμετρο στα 530nm προκειμένου να βρεθεί η οξειδωτική τάγκιση η οποία εκφράζεται σε mg μηλαινικής αλδεϋδης ανά kg δείγματος. Η συγκέντρωση των προϊόντων οξειδωτικής τάγκισης δίδεται από τη σχέση:

$$CMA (mg/kg) = [(A_{530} - 0.0004) \times 10 \times 100] / [0.1835 \times 10 \times 90] \quad (5)$$

Όπου A_{530} η απορρόφηση του διαλύματος (V.Loukonois-V.kyran, 2018).

5.4.8 Οργανοληπτική αξιολόγηση των αρτοσκευασμάτων

Με σκοπό την επίτευξη μιας πλήρους και ακριβέστερης εκτίμησης των χαρακτηριστικών των γλυκών αρτοσκευασμάτων πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων από 10 δοκιμαστές σύμφωνα με τη μέθοδο της Ποσοτικής Περιγραφικής Δοκιμής (Quantitative Descriptive Analysis-QDA). Για την πραγματοποίηση αυτής της αξιολόγησης οι δοκιμαστές κλήθηκαν να δοκιμάσουν τα γλυκά αρτοσκευάσματα τα οποία είχαν παλαιωθεί σε διαφορετικές ημέρες και θερμοκρασίες όπως προκύπτουν από την πειραματική διαδικασία. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε ειδικό χώρο με φωτισμένους ατομικούς θαλάμους και όλα τα αναλώσιμα που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαδικασία είχαν σταθερά χαρακτηριστικά. Η προετοιμασία της διαδικασίας αυτής περιλαμβάνει την προετοιμασία των θαλάμων καθώς και των δειγμάτων. Ειδικότερα όσο αφορά στα δείγματα τεμαχίστηκε μια φέτα πάχους 2 cm από κάθε δείγμα διαφορετικής θερμοκρασίας (25, 35, 45°C) και διαφορετικού χρόνου παλαίωσης (0,1,3,4,5,7,10). Το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε λευκό

πιάτο στο οποίο αναγραφόταν ο μοναδικός τριψήφιος κωδικός και δόθηκε στους δοκιμαστές με τυχαία σειρά. Η εκτίμηση και βαθμολόγηση των περιγραφικών όρων (Πίνακας 5.4.8) πραγματοποιήθηκε 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 σερβίρονται σε κάθε μία δοκιμή. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 26 δοκιμές των 45 λεπτών(Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

Πίνακας 5.4.8. Ορισμοί περιγραφικών όρων της οργανοληπτικής αξιολόγησης.

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	Αρωμα	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
	Τραχανότητα 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

5.4.9 Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων

Με χρήση επαγγελματικής φωτογραφικής μηχανής (Canon EOS 4000D digital) , ειδικής φωτιστικής πλάκας (Kaiser slimlite plano) αλλά και κατάλληλο φωτισμού εκατέρωθεν της πλάκας ελήφθησαν φωτογραφίες από ολόκληρο το τσουρέκι και από κάθε πλευρά της κάθε φέτας του (χρησιμοποιήθηκαν 8 φέτες για τη μέτρηση). Η ανάλυση αυτών των εικόνων πραγματοποιήθηκε μέσω του ImagePro-plus v7.0.1.658 λογισμικού με σκοπό τον προσδιορισμό των γεωμετρικών και των μορφολογικών ιδιοτήτων τόσο του ολόκληρου τσουρεκιού όσο και του κυψελώματος της φέτας .Συγκεκριμένα όσο αφορά τη φρατζόλα οι γεωμετρικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι το ύψος (mm), η επιφάνεια (mm²), πλάτος (mm) και πάχος (mm).Επίσης ότι αφορά το πορώδες πραγματοποιήθηκαν μορφολογικές μετρήσεις που περιλαμβάνουν των αριθμών κυψελίδων/cm² και τη συνολική επιφάνεια κυψελίδων/τη συνολική μετρούμενη επιφάνεια. Τέλος μορφολογικές μετρήσεις διεξήχθησαν και στη φέτα οι οποίες είναι η επιφάνεια του εκάστοτε πόρου (mm²), η καμπυλότητα πόρων (μέτρο σύγκρισης διαφοράς του πόρου από τον κύκλο), ετερογένεια (η διαφορετικότητα στο σύνολο των πόρων, όσο πιο μικρός είναι ο ειρμός τόσο πιο συμπαγές θεωρείται το δείγμα) και η οπτική πυκνότητα (αριθμός μεταξύ 0-255, όσο πιο πολύ ανεβαίνει ο βαθμός τόσο πιο ανοιχτόχρωμο είναι). Όλες οι μετρήσεις επιτεύχθηκαν χρησιμοποιώντας τις ρυθμιζόμενες μάκρο έντολες του προγράμματος επεξεργασίας (Sozer et al. 2011; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

5.5 Στατιστική επεξεργασία

5.5.1 Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Προκειμένου να προσδιοριστεί η σημαντικότητα της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών στους μέσους όρους των τιμών για κάθε ιδιότητα χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης. Όπου η ανάλυση εντόπισε σημαντικές επιδράσεις των μεταβλητών ($p < 0.05$) σύμφωνα με την ανάλυση εφαρμόστηκε το κριτήριο Duncan, για τον έλεγχο των διαφόρων μέσων όρων των παραμέτρων. Για την πραγματοποίηση όλων των αναλύσεων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Statistica (Statistica Release 12, Statsoft Inc Tulsa, Ok, USA). (Besbes et al., 2016).

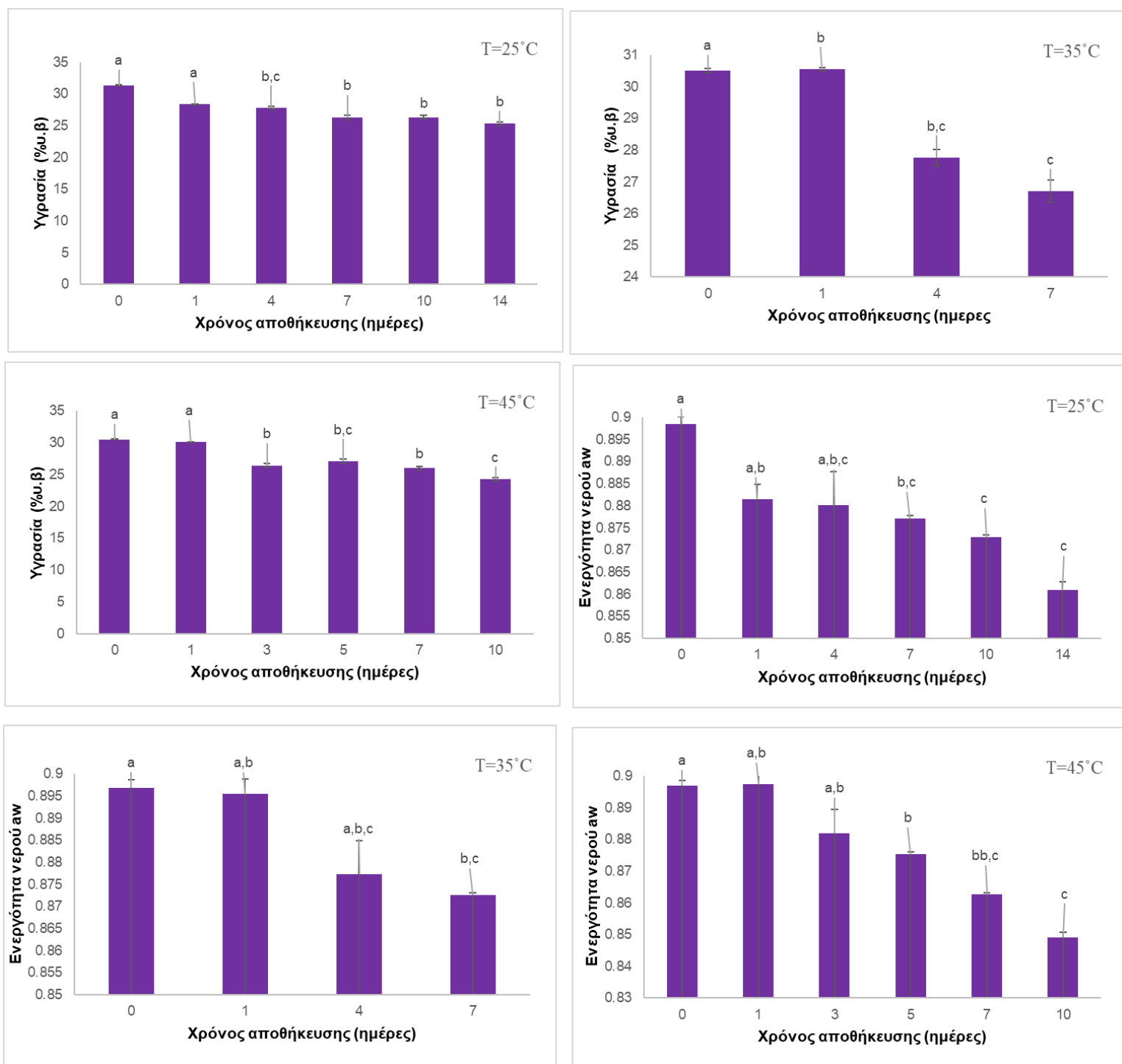
6 Αποτελέσματα και συζήτηση

6.1 Αποτελέσματα παραδοσιακού τσουρεκιού

Η αποθήκευση των αρτοσκευασμάτων επιφέρει σημαντικές αλλαγές τόσο στην υφή όσο και στη γεύση τους. Οι παραπάνω αλλαγές προκύπτουν από αρκετές φυσικοχημικές αλλαγές (εξάτμιση νερού, μετανάστευση της υγρασίας, ανασχηματισμός αμύλου) που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και επηρεάζονται άμεσα τόσο από τον χρόνο όσο και από την θερμοκρασία της αποθήκευσης (Baik, 2008; Fadda et al., 2014).

6.1.1 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων

Η υγρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που υφίσταται αλλαγές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.1.1) παρουσιάζεται η πτώση της υγρασίας κατά την παρέλευση των ημερών αποθήκευσης ανεξάρτητα από την θερμοκρασία. Η πτώση της υγρασίας οφείλεται και στην μετανάστευση αυτής από την κόρα στην ψίχα αλλά και στην επανατακτοποίηση του αμύλου που λαμβάνει χώρα κατά την αποθήκευση. Η πτώση έχει την ίδια τάση ανεξάρτητα από την τιμή της θερμοκρασίας αποθήκευσης όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Επιπρόσθετα μελετήθηκε και η ενεργότητα νερού η οποία επίσης μειώνεται στατιστικά σημαντικά με την πάροδο του χρόνου ανεξάρτητα της θερμοκρασίας. Παρ' όλα αυτά δεν μειώνεται τόσο ώστε να θεωρείται ύποπτο για μικροβιακές αλλοιώσεις. Τέλος δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά όσο αφορά στην απώλεια βάρους κατά τον κλιβανισμό ούτε και στον ειδικό όγκο. (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021; Sozer et al. 2011; Gray and Bemiller 2003; Besbes, le Bail, and Seetharaman 2016)

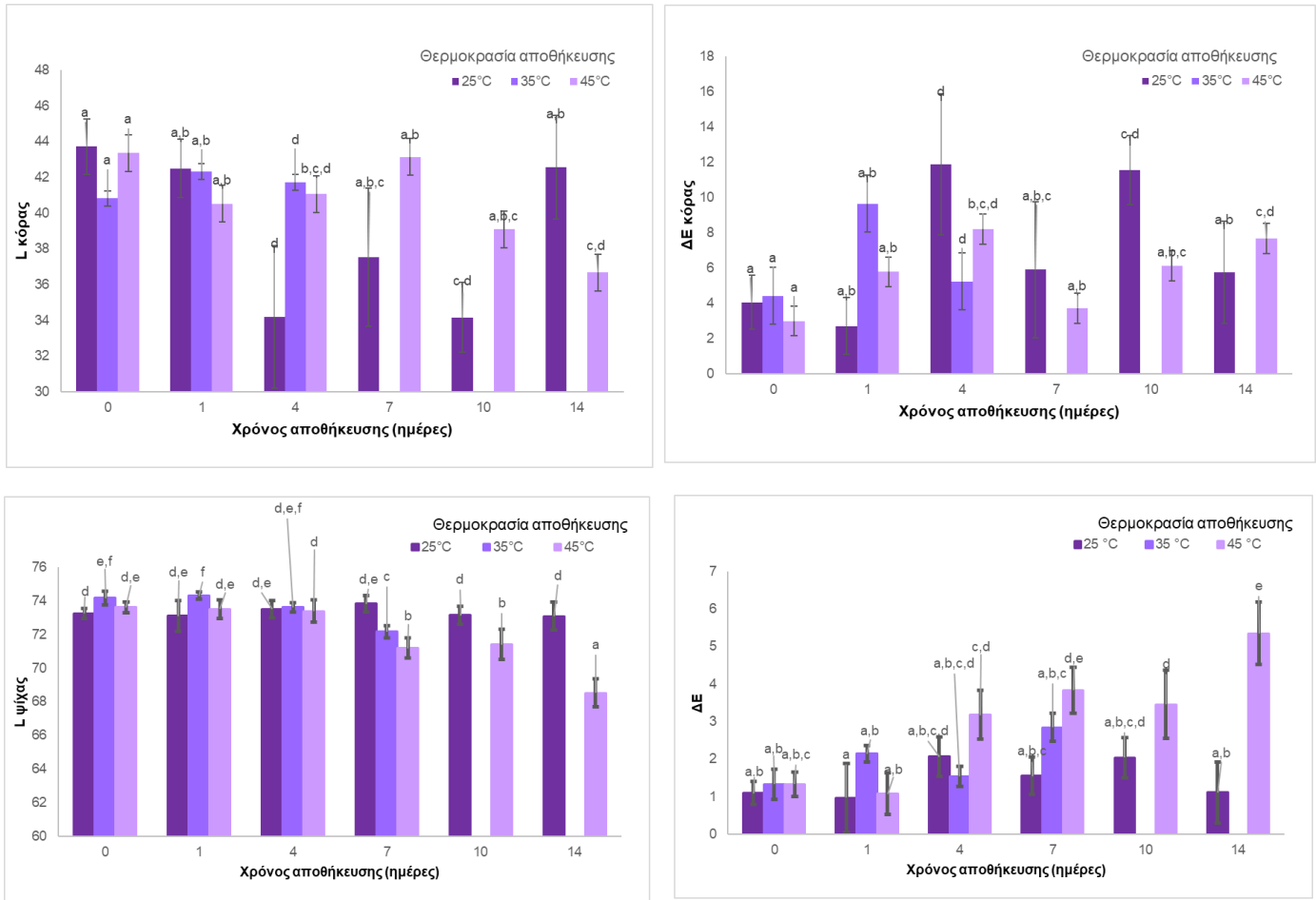


Σχήμα 6.1.1. Διαγράμματα μεταβολής Υγρασίας και Ενεργότητας νερού του τσουρεκιού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

6.1.2 Αποτελέσματα χρώματος

Η φωτεινότητα τόσο της ψίχας όσο και της κόρας μειώνεται με την πάροδο των ημερών αποθήκευσης καθώς και με την αύξηση της θερμοκρασίας (Σχήμα 6.1.2). Αυτό το αποτέλεσμα συνάδει με τη μείωση της υγρασίας διότι όσο πιο πολύ μειώνεται η

περιεκτικότητα σε νερό τόσο σκουραίνει το προϊόν. Το ΔΕ εμφανίζει ανοδική τάση και έχει στατιστικά σημαντική διαφορά με την πάροδο του χρόνου. Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα πως κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης το προϊόν γίνεται πιο σκούρο σε σημείο που να είναι αντιληπτό με γυμνό μάτι (Baik, 2008).

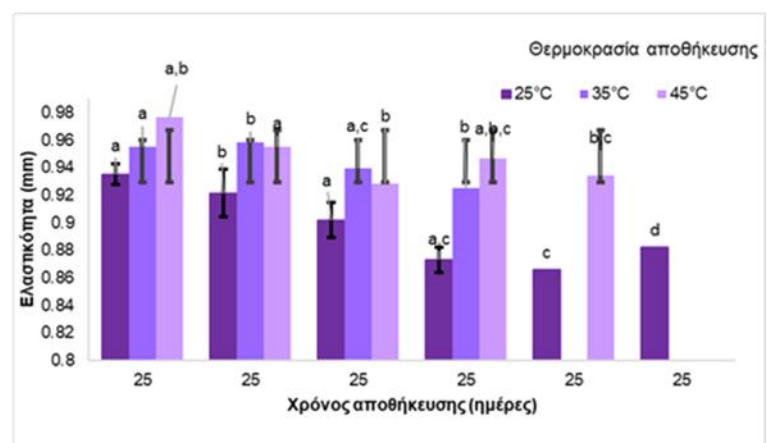
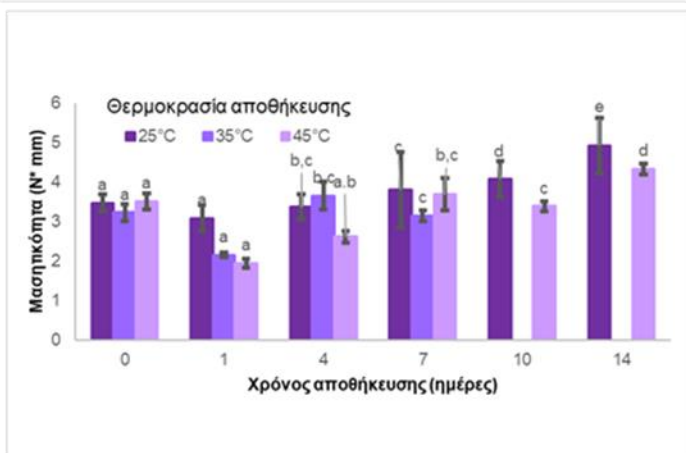
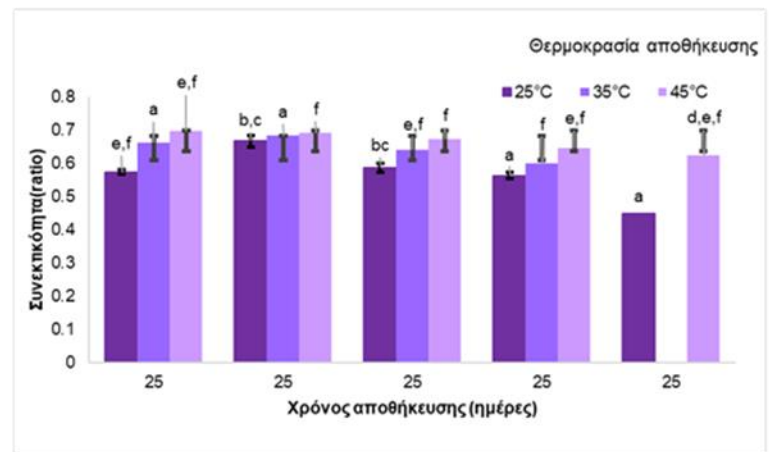
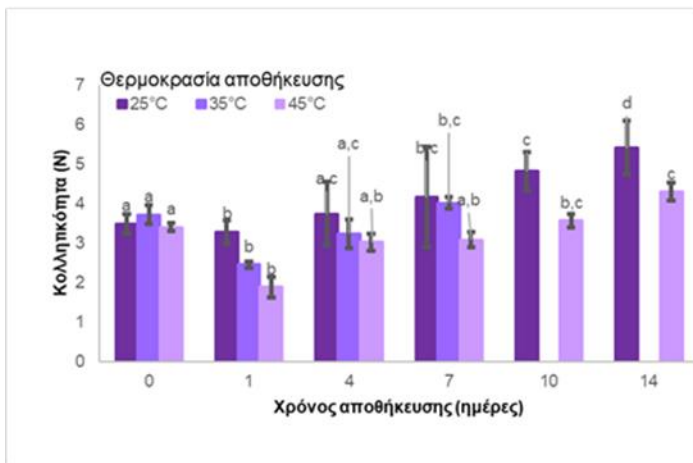
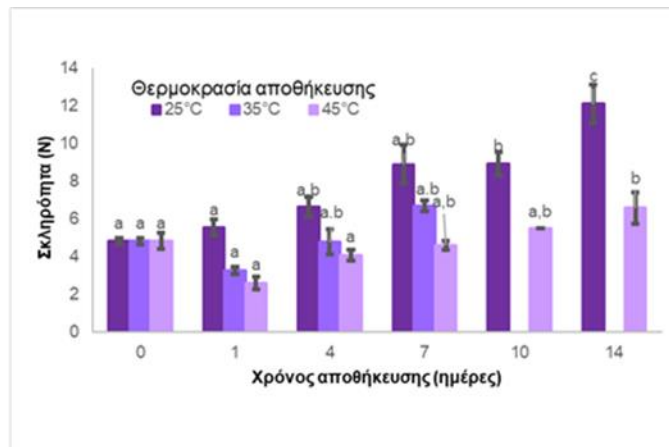


Σχήμα 6.1.2. Διαγράμματα μεταβολής της φωτεινότητας και της διαφοράς χρώματος του τσουρεκιού κατά τη διάρκεια της αποθηκείσεως.

6.1.3 Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής

Για να καθοριστεί το χρονικό διάστημα που οι καταναλωτές θεωρούν αποδεκτό το προϊόν είναι απαραίτητο να λάβουμε υπόψη τις μεταβολές που αφορούν τα χαρακτηριστικά της υφής του τσουρεκιού. Τα σημαντικότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η σκληρότητα, η οποία όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.1.3) όσο περνάνε οι μέρες τόσο ανεβαίνει η τιμή της δηλαδή τόσο σκληραίνει το προϊόν. Σε όλες τις θερμοκρασίες σημειώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της τιμής της σκληρότητας κατά τη διάρκεια της αποθηκείσεως των αρτοσκευασμάτων. Αντίθετα στη συνεκτικότητα και στην ελαστικότητα σημειώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση των τιμών με την πάροδο του χρόνου αλλά και με

την αύξηση της θερμοκρασίας το οποίο είναι συνέπεια τις απώλειες νερού που αναφέρθηκε
νωρίτερα(Bhoir et al., 2015; Sozer et al., 2011; Αναστασιάδης Γεώργιος & Προβατά Ταρσία,
2021).

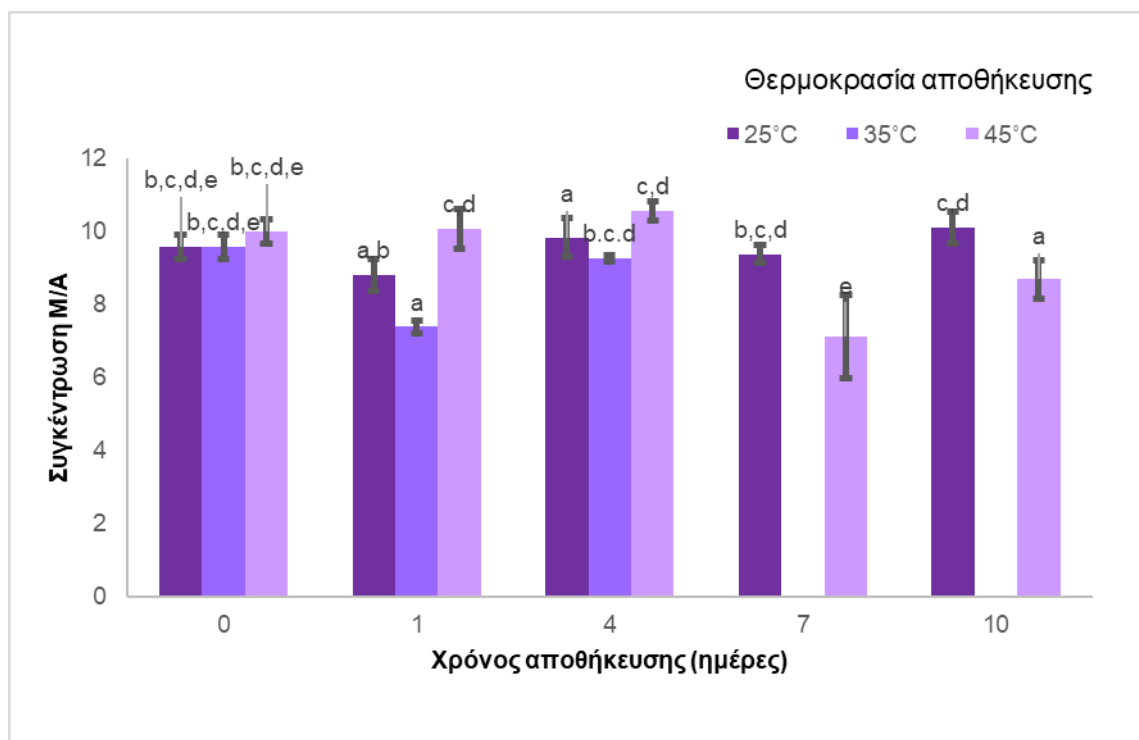


Σχήμα 6.1.3. Διαγράμματα μεταβολών των ιδιοτήτων υφής των τσουρεκιών κατά τη διάρκεια της αποθηκεύσεως.

6.1.4 Αποτελέσματα TBA

Η οξειδωτική τάγκιση αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για την παλαιώση των τροφίμων
Giannakourou et al., 2021). Σε σύγκριση με την ημέρα 0 υπάρχει στατιστικά σημαντική

διαφορά στη συγκέντρωση της μηλεινικής αλδεϋδης τόσο κατά το πέρασμα των ημερών όσο και με την αύξηση της θερμοκρασίας όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 6.1.4). Αυτή η ανοδική πορεία της τάγκισης έρχεται σε συμφωνία με την ενεργότητα νερού που μειώνεται ωστόσο η αύξηση αυτή δεν είναι τόσο σημαντική ώστε να αλλοιώσει το προϊόν (Bhoir et al., 2015).

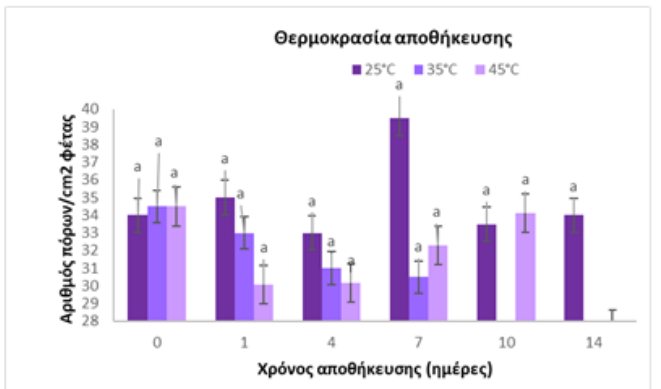
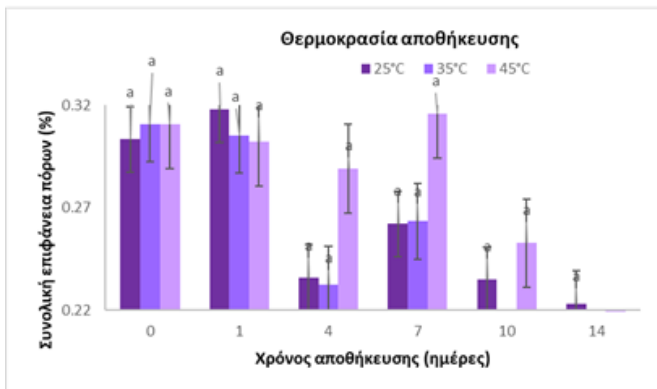
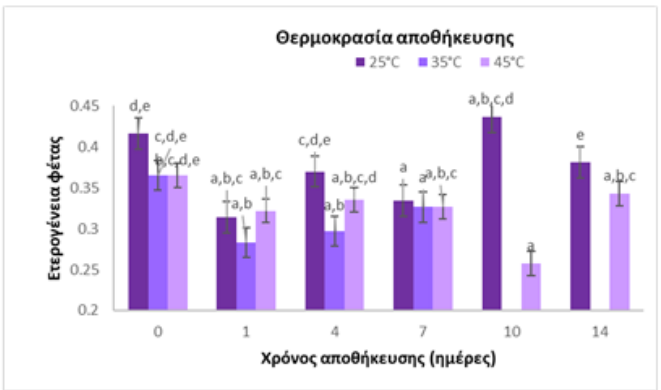
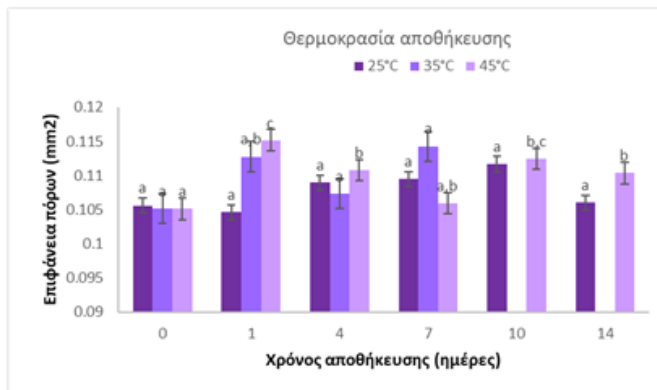
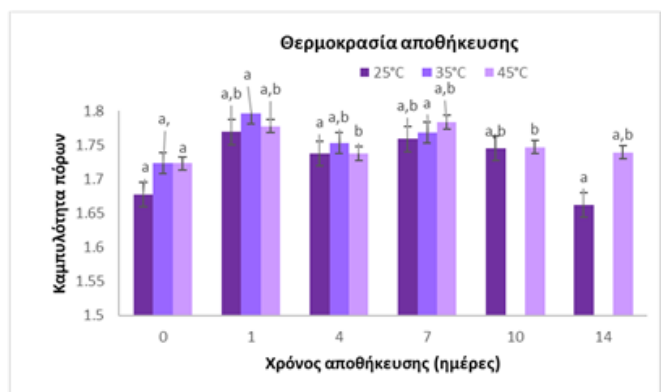
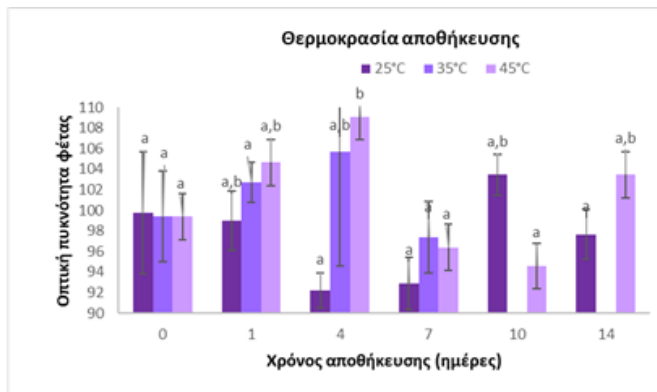


Σχήμα 6.1.4. Διαγράμμα μεταβολής της TBA-value των τσουρεκιών κατά τη διάρκεια της αποθηκείσεως.

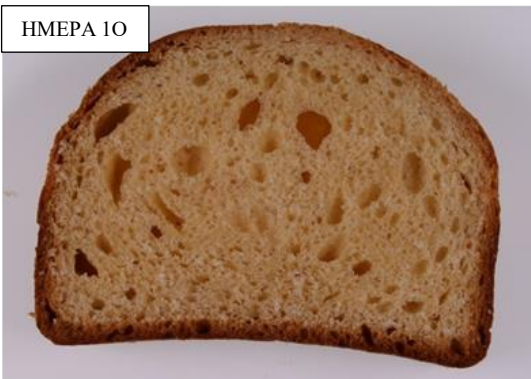
6.1.5 Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας

Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.1.5) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση εικόνας των τσουρεκιών. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε και για την αξιολόγηση των τσουρεκιών πριν υποστούν παλαίωση, ωστόσο πρόκειται για μια τεχνική που διαφέρει στη μεθοδολογία με αποτέλεσμα να μην μπορεί να πραγματοποιηθεί σύγκριση με άλλες έρευνες. Συγκεκριμένα όσο αφορά τη φρατζόλα οι γεωμετρικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι το ύψος (mm), η επιφάνεια (mm²), πλάτος (mm) και πάχος (mm). Επίσης ότι αφορά το πορώδες πραγματοποιήθηκαν μορφολογικές μετρήσεις που περιλαμβάνουν των αριθμών κυψελίδων/cm² και τη συνολική επιφάνεια κυψελίδων/τη συνολική μετρούμενη επιφάνεια. Τέλος μορφολογικές μετρήσεις διεξήχθησαν και στη φέτα οι οποίες είναι η επιφάνεια του εκάστοτε πόρου (mm²), η καμπυλότητα πόρων, ετερογένεια και η οπτική πυκνότητα. Όσο αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τσουρεκιού

(ολόκληρη φρατζόλα) δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε καμία από τις παραμέτρους κατά τη διάρκεια της παλαίωσης ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Πιο αναλυτικά η τιμή της επιφάνειας είναι $23818,44 \pm 2407,69$ (mm²), η τιμή της περιμέτρου $766,66 \pm 50,36$ (mm), η τιμή του πάχους $103,79 \pm 13,04$ (mm), η τιμή του μήκους $285,47 \pm 14,60$ (mm) και η τιμή του ύψους $82,01 \pm 6,59$ (mm). Στην ημέρα 0 ο αριθμός πόρων φέτας ανά τετραγωνικό εκατοστό σε όλες τις θερμοκρασίες κυμαίνονται στο 32 ± 4 και καθ' όλη τη διάρκεια της παλαίωσης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αυτόν το παράγοντα. Στατιστικά σημαντική διαφορά εμφανίζεται στην ετερογένεια των πόρων της οποίας ο αριθμός μειώνεται όπως φαίνεται στο διάγραμμα (Σχήμα 6.1.5) γεγονός που μας υποδεικνύει ότι το προϊόν γίνεται πιο συμπαγές. Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά έχει και στην οπτική πυκνότητα που σημαίνει ότι μειώνεται η φωτεινότητα τις ψίχας όπως άλλωστε φαίνεται και στις Εικόνα 6.1.5.1, Εικόνα 6.1.5.2, Εικόνα 6.1.5.3 για τους 25°C, 35°C και 45°C αντίστοιχα.



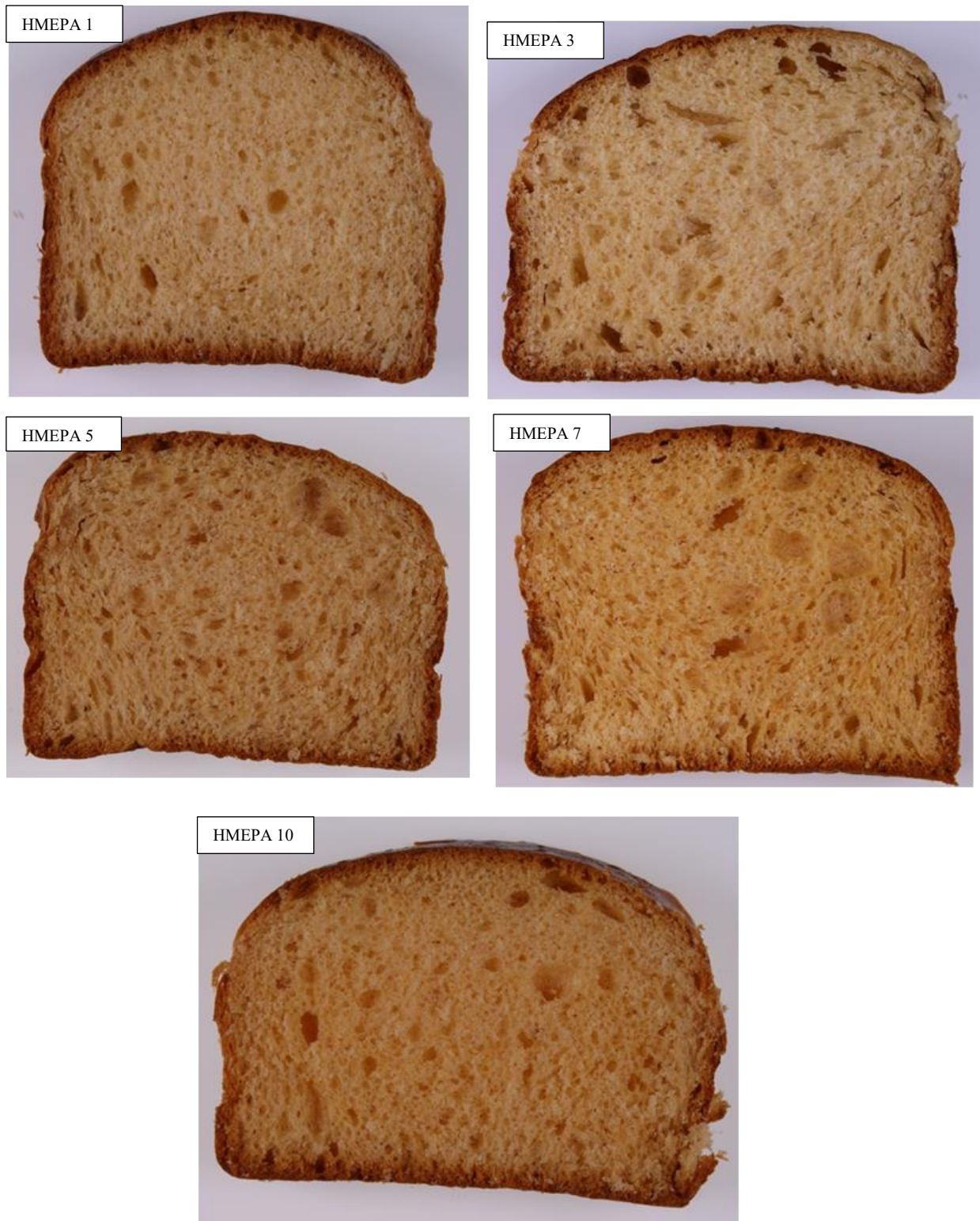
Σχήμα 6.1.5. Διαγράμματα μορφολογικών ιδιοτήτων των τσουρεκιών από την ανάλυση εικόνας.



Εικόνα 6.1.5.1 Μεταβολή της ψίχας του τσουρεκιού κατά τη διάρκεια της αποθηκεύσεως στους 25°C



Εικόνα 6.1.5.2 Μεταβολή της ψίχας του τσουρεκιού κατά τη διάρκεια αποθηκεύσεως στους 35°C

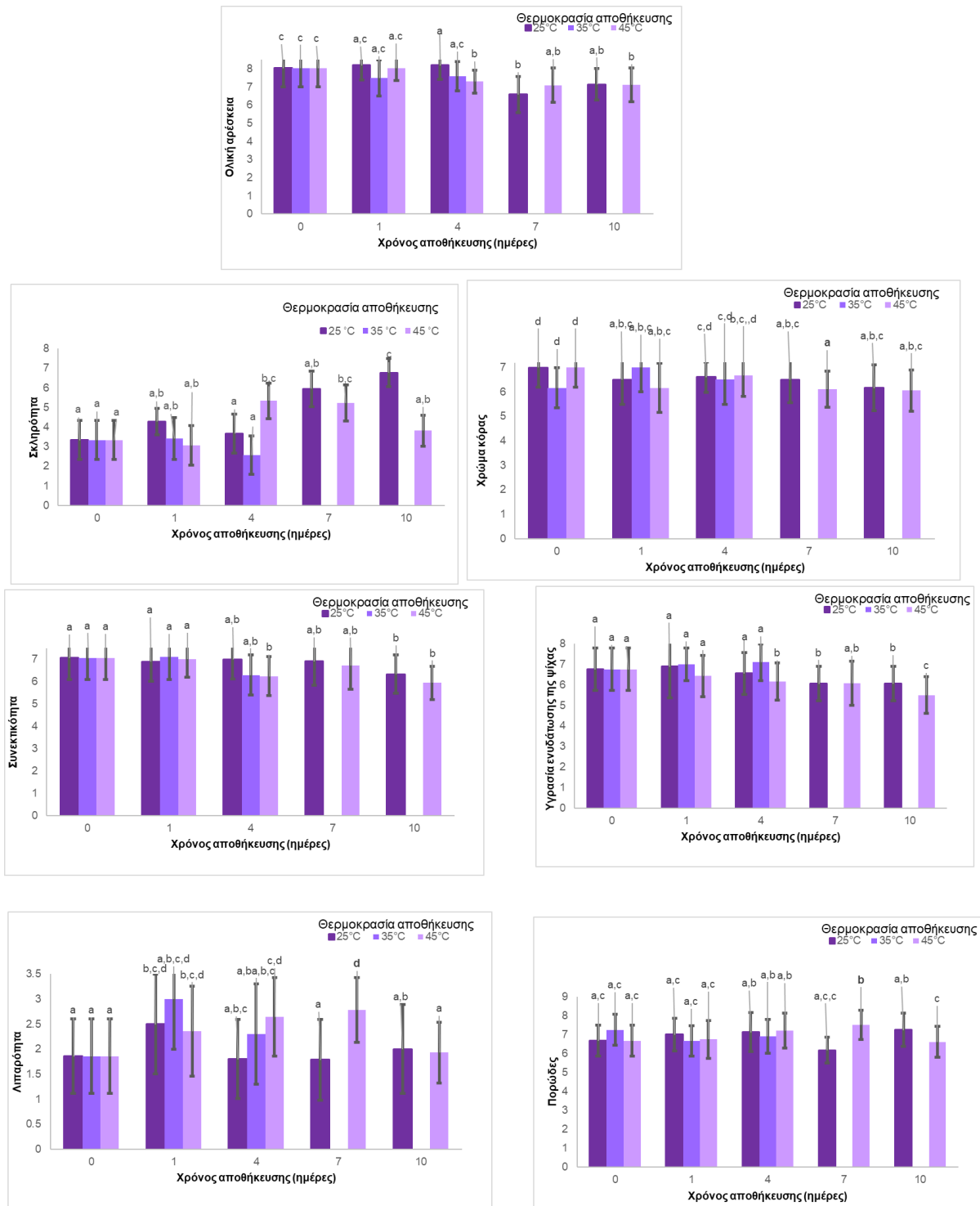


Εικόνα 6.1.6.3 Μεταβολή της ψίχας του τσουρεκιού κατά τη διάρκεια αποθηκεύσεως στους 45°C

6.1.6 Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης

Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.1.6) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου που πραγματοποιήθηκε. Όσο αφορά τη σκληρότητα υπάρχει

στατιστικά σημαντική αύξηση η οποία έρχεται σε απόλυτα συμφωνία με τα αποτελέσματα της ανάλυσης υφής του τσουρεκιού. Το ίδιο ισχύει και για τη μείωση της φωτεινότητας αλλά και το πορώδες. Το πιο σημαντικό εύρημα ήταν πως τα τσουρέκια ακόμα και την 10^η ημέρα της αποθήκευσης τους συγκέντρωσαν βαθμολογία μεγαλύτερη του 5 γεγονός που τα καθιστά αποδεκτά από τους καταναλωτές ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης τους (Bhoir et al. 2015; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)



Σχήμα 6.1.6. Διαγράμματα μεταβολών οργανοληπτικών ιδιοτήτων των τσουρεκιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

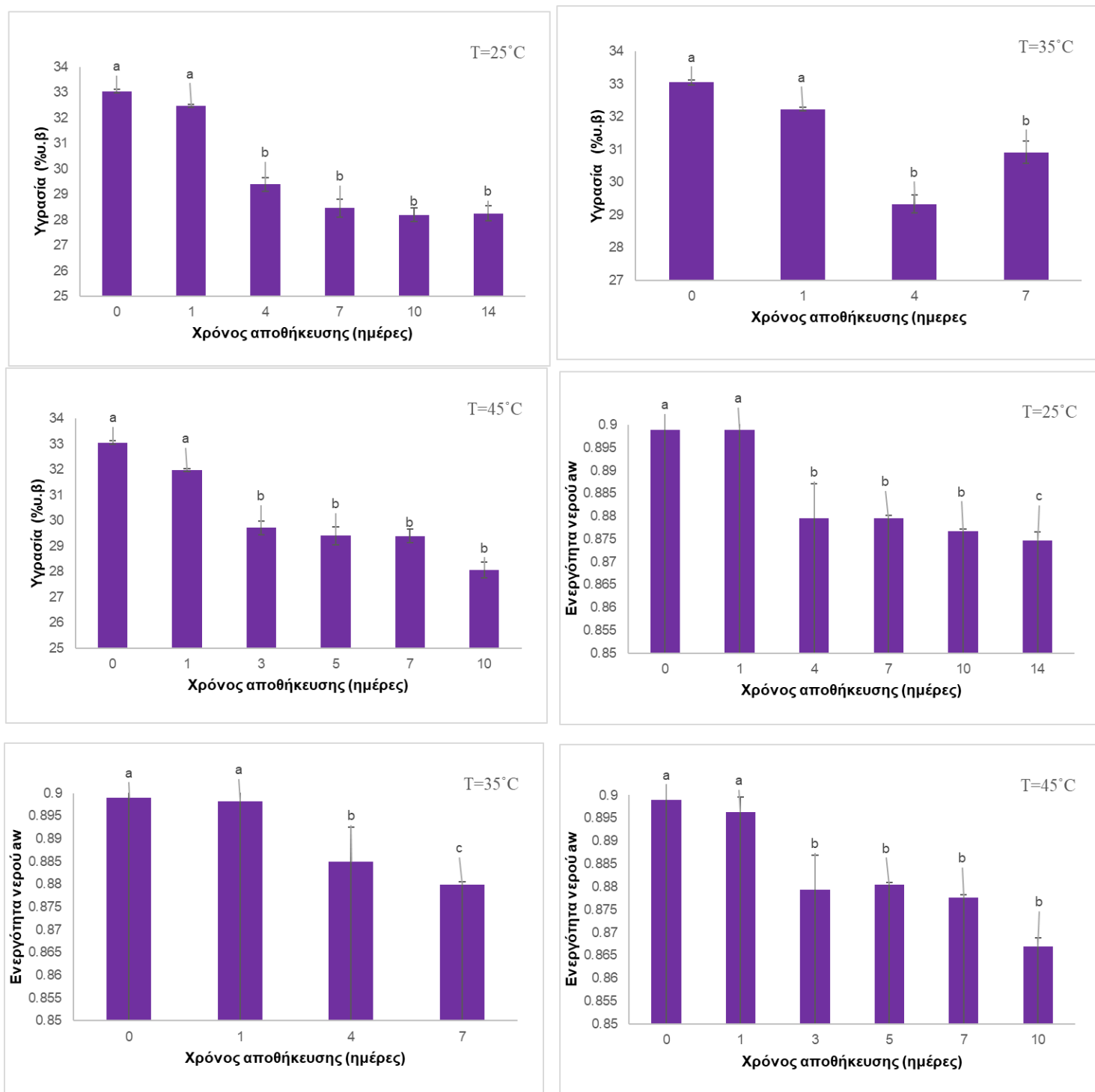
6.2 Αποτελέσματα χορτοφαγικών τσουρεκιών

Η παραλλαγή της παραδοσιακής συνταγής τσουρεκιού σε χορτοφαγική έχει ως στόχο να μην επιφέρει στατιστικά σημαντικές αλλαγές στα θετικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και να

είναι αρεστό όπως και το αρχικό. Προκειμένου να εξακριβώσουμε αν αυτό συμβαίνει πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες μετρήσεις κάτω από τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου αποθήκευσης και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

6.2.1 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.2.1) παρουσιάζεται η πτώση της υγρασίας κατά την παρέλευση των ημερών αποθήκευσης ανεξάρτητα από την θερμοκρασία. Όπως και στα παραδοσιακά τσουρέκια αυτό οφείλεται και στην μετανάστευση αυτής από την κόρα στην ψίχα αλλά και στην επανατακτοποίηση του αμύλου που λαμβάνει χώρα κατά την αποθήκευση. Η πτώση έχει την ίδια τάση ανεξάρτητα από την τιμή της θερμοκρασίας αποθήκευσης όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Επιπρόσθετα μελετήθηκε και η ενεργότητα νερού η οποία επίσης μειώνεται στατιστικά σημαντικά με την πάροδο του χρόνου ανεξάρτητα της θερμοκρασίας (Baik, 2008. Τα χορτοφαγικά τσουρέκια έχουν από την ημέρα 0 χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας από τα παραδοσιακά γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στην αντικατάσταση των αυγών με τον πουρέ μήλου, ο οποίος είναι πλούσιος σε σάκχαρα τα οποία δεσμεύουν νερό. Επίσης όπως και στα παραδοσιακά τσουρέκια δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβολή του βάρους κατά τη διάρκεια του κλιβανισμού αλλά ούτε και του ειδικού όγκου. Ωστόσο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης είχαν κοινή συμπεριφορά με τα παραδοσιακά τσουρέκια. (Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021)

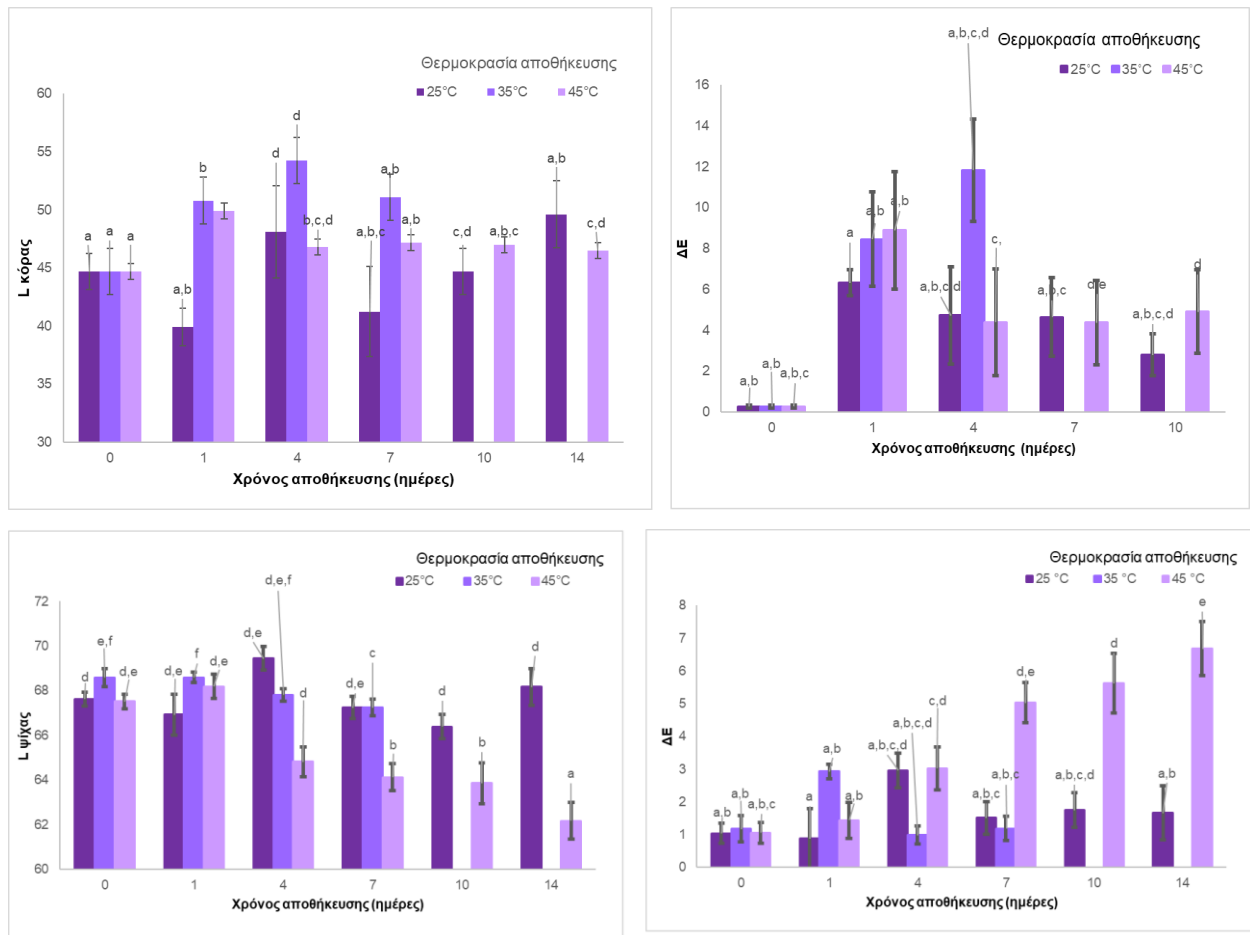


Σχήμα 6.2.1. Διαγράμματα μεταβολής Υγρασίας και Ενεργότητας νερού του τσουρεκιού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

6.2.2 Αποτελέσματα χρώματος χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Στα χορτοφαγικά τσουρέκια δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στη φωτεινότητα της κόρας που σημαίνει ότι δεν μεταβάλλει το εξωτερικό του χρώμα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Ωστόσο προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά στη

φωτεινότητα της ψίχας το οποίο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης έχει σημαντική πτώση που υποδεικνύει ότι το προϊόν σκουραίνει (Σχήμα 6.2.2). Πιθανόν αυτή η μεταβολή να οφείλεται στο γεγονός ότι το χορτοφαγικό τσουρέκι συγκεντρώνει χαμηλά ποσοστά υγρασίας. Το ΔΕ εμφανίζει ανοδική τάση και έχει στατιστικά σημαντική διαφορά με την πάροδο του χρόνου. Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα πως κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης το προϊόν γίνεται πιο σκούρο σε σημείο που να είναι αντιληπτό με γυμνό μάτι (Baik, 2008).

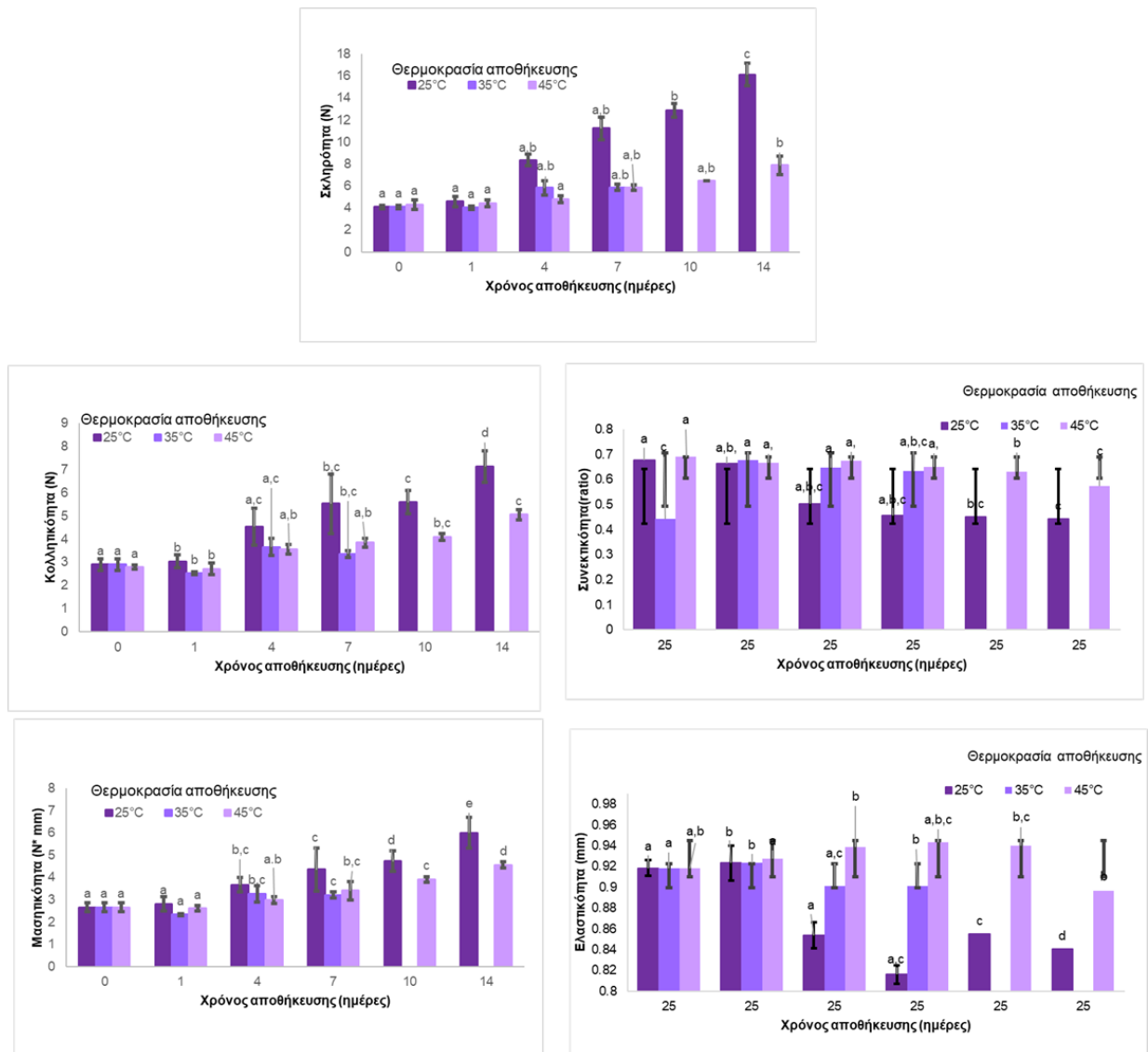


Σχήμα 6.2.2. Διαγράμματα μεταβολής της φωτεινότητας και της διαφοράς χρώματος του χορτοφαγικού τσουρεκιού κατά τη διάρκεια της αποθηκεύσεως

6.2.3 Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Όπως στα παραδοσιακά έτσι και στα χορτοφαγικά τσουρέκια όσο αφορά της ιδιότητες υφής παρουσίασαν την ίδια τάση στη σκληρότητα, η οποία αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου όπως και η κολλητικότητα αλλά και η μασητικότητα (Σχήμα 6.2.3). Η συνεκτικότητα και η ελαστικότητα ωστόσο μειώνονται αισθητά γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως εκτός από την επίδραση της παλαίωσης στην απώλεια νερού ίσως σε αυτή τη πτώση να συμβάλλει και κάποιο από τα προστιθέμενα υλικά. Πιθανόν το υλικό αυτό να είναι το αυγό

διότι εξαιτίας της απουσίας του μειώνονται οι πρωτεΐνες και προσβάλλεται το πλέγμα τους (Bhoir et al. 2015; Αναστασιάδης Γεώργιος and Προβατά Ταρσία 2021; Fadda et al. 2014; Gray and Bemiller 2003)

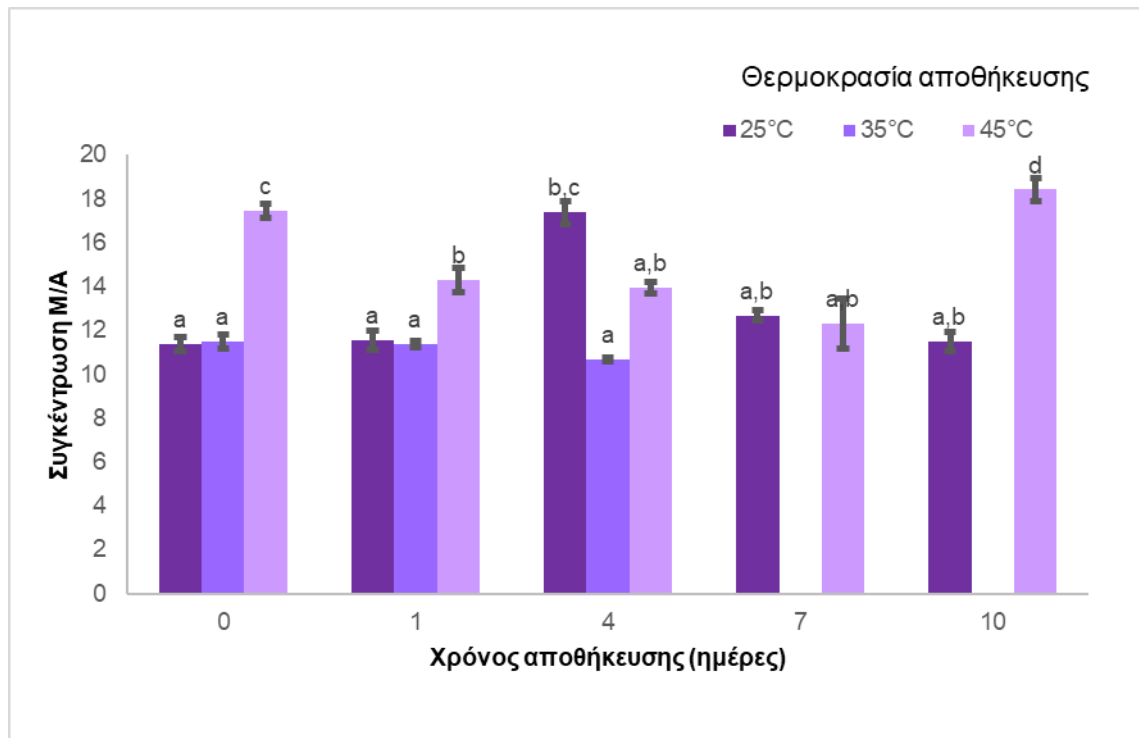


Σχήμα 6.2.3. Διαγράμματα μεταβολών των ιδιοτήτων υφής των χορτοφαγικών τσουρεκιών κατά τη διάρκεια της αποθηκείσεως.

6.2.4 Αποτελέσματα TBA του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Σε σύγκριση με την ημέρα 0 υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση της μηλεινικής αλδεϋδης τόσο κατά το πέρασμα των ημερών όσο και με την αύξηση της θερμοκρασίας όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 6.2.4). Αυτή η ανοδική πορεία της τάγκισης έρχεται σε συμφωνία με την ενεργότητα νερού που μειώνεται και ιδιαίτερα στα χορτοφαγικά τσουρέκια σημειώνει μεγαλύτερη συγκέντρωση μηλεινικής αλδεϋδης που σημαίνει ότι έχουν μεγαλύτερο βαθμό τάγκισης. Ωστόσο δεν είναι αρκετός

ώστε το προϊόν να θεωρηθεί μη αποδεκτό (Besbes et al., 2016; Bhoir et al., 2015; Giannakourou et al., 2021).

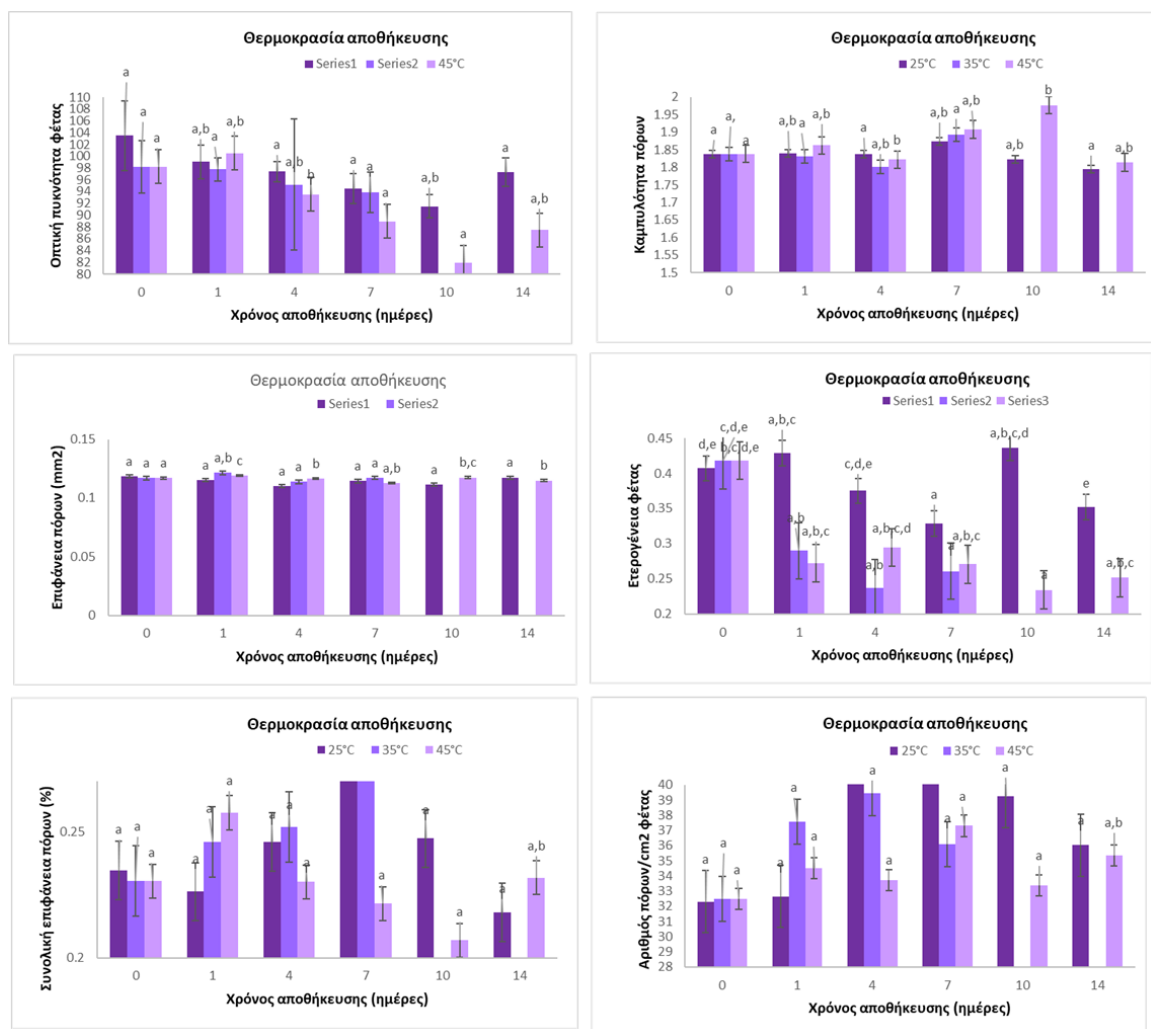


Σχήμα 6.2.4 . Διάγραμμα μεταβολής της TBA-value των χορτοφαγικών τσουρεκιών κατά τη διάρκεια της αποθηκείσεως

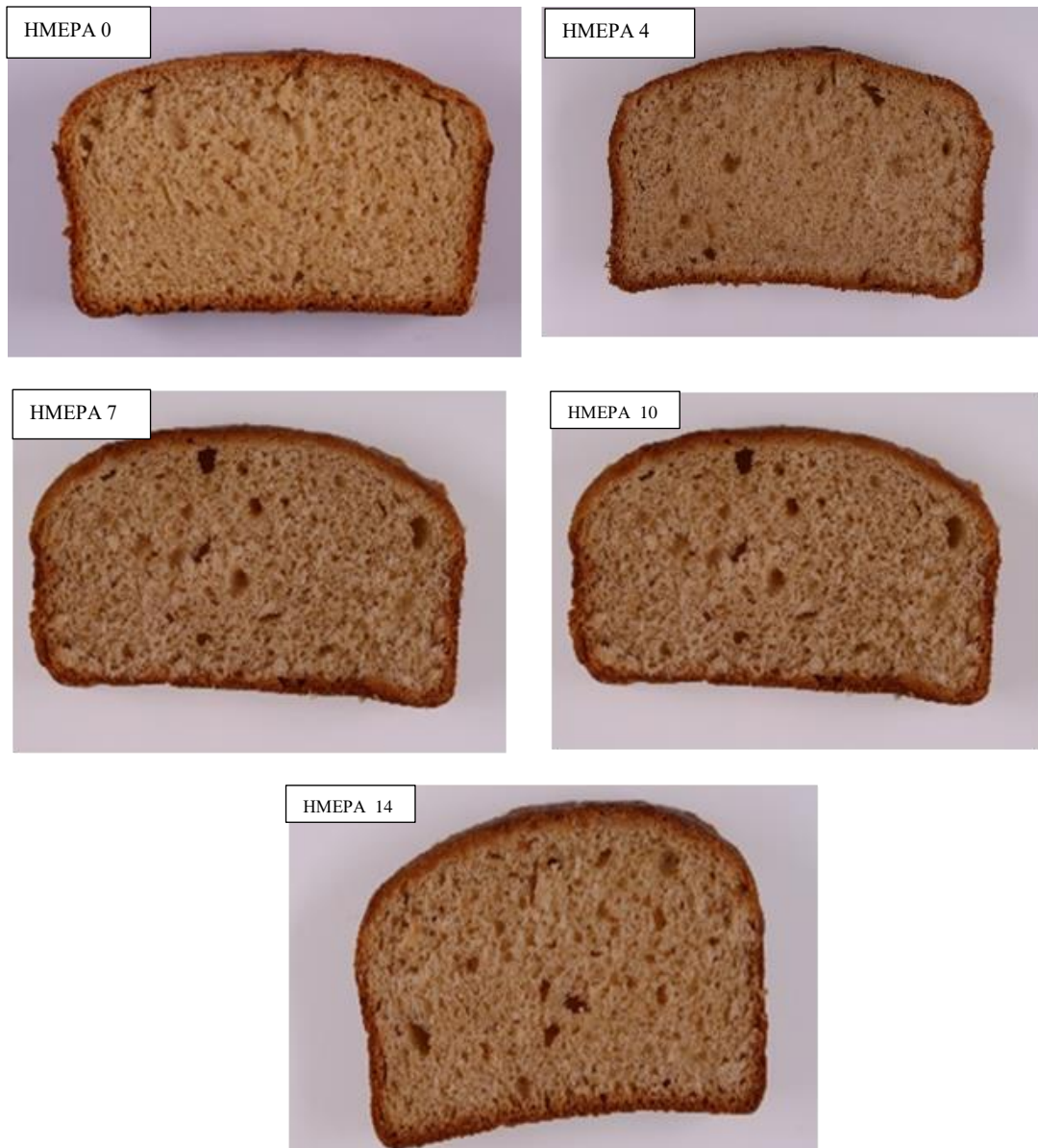
6.2.5 Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Με την ανάλυση εικόνας μελετήθηκαν οι εξής παράγοντες: όσο αφορά τη φρατζόλα οι γεωμετρικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι το ύψος (mm), η επιφάνεια (mm²), πλάτος (mm) και πάχος (mm). Επίσης ότι αφορά το πορώδες πραγματοποιήθηκαν μορφολογικές μετρήσεις που περιλαμβάνουν των αριθμών κυψελίδων/cm² και τη συνολική επιφάνεια κυψελίδων/τη συνολική μετρούμενη επιφάνεια. Τέλος μορφολογικές μετρήσεις διεξήχθησαν και στη φέτα οι οποίες είναι η επιφάνεια του εκάστοτε πόρου (mm²), η καμπυλότητα πόρων, ετερογένεια και η οπτική πυκνότητα. Όσο αφορά στα χορτοφαγικά τσουρέκια όπως και τα παραδοσιακά δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της φρατζόλας (Σχήμα .6.2.5). Σημαντικό εύρημα είναι ωστόσο ότι το χορτοφαγικό τσουρέκι εμφανίζει μικρές τιμές στα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά που σημαίνει ότι ο όγκος του είναι μικρότερος γεγονός που οφείλεται στην αντικατάσταση των ζωικών προϊόντων με φυτικών. Πιο συγκεκριμένα η τιμή της επιφάνειας είναι 24590,42±2267,18 (mm²), η τιμή της περιμέτρου 753.65±62,93 (mm) , η τιμή του πάχους 93,79±4,51 (mm), η τιμή του μήκους 268,41±86,33 (mm) και η τιμή του ύψους

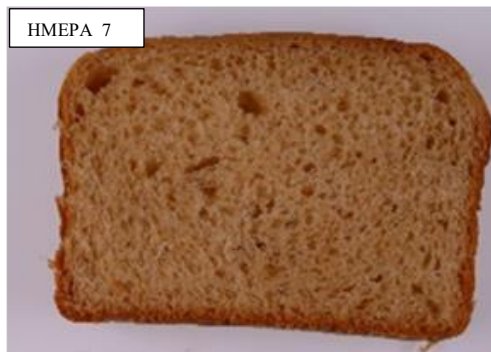
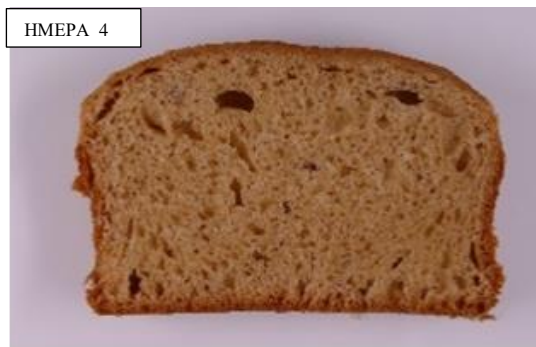
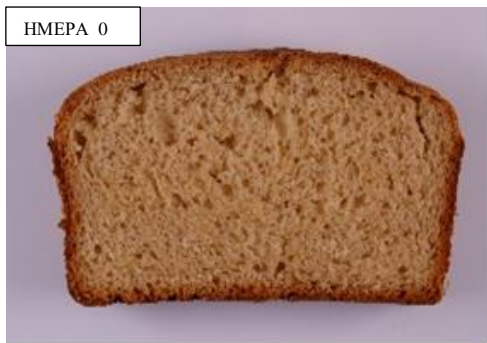
63,13±3,12(mm) Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.2.5) παρατηρούμε τη μείωση της οπτικής πυκνότητας που έχει εμφανίζει σημαντικά στατιστική διαφορά και μας επιβεβαιώνει ότι το προϊόν σκουραίνει με τη πάροδο του χρόνου. Αυτό έρχεται σε συμφωνία τόσο με τα αποτελέσματα του χρωμόμετρου όσο και με του οργανοληπτικού ελέγχου. Και όπως όλα δείχνουν οφείλεται στην απώλεια υγρασίας στην οποία με τη σειρά τους έχουν συμβάλει τα φυτικά υποκατάστατα (Bhoir et al., 2015; Bosmans et al., 2013). Επίσης παρατηρείται μεταβολή στην ετερογένεια της φέτας όπως και στο παραδοσιακό τσουρέκι που σημαίνει πως και στο χορτοφαγικό τσουρέκι η παλαιώση επιφέρει μια πιο συμπαγή δομή ενώ οι υπόλοιποι παράγοντες όπως ο αριθμός και η επιφάνεια των πόρων κυμαίνονται σταθερά χωρίς αξιοσημείωτες μεταβολές. Το σύνολο των μεταβολών που πραγματοποιήθηκαν στην ψίχα του χορτοφαγικού τσουρεκιού παρουσιάζονται μέσω φωτογραφιών στις Εικόνα 6.2.5.1, Εικόνα 6.2.5.2, Εικόνα 6.2.5.3 για τους 25°C, 35°C και 45°C αντίστοιχα.



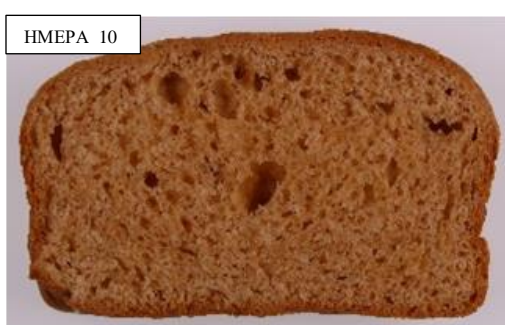
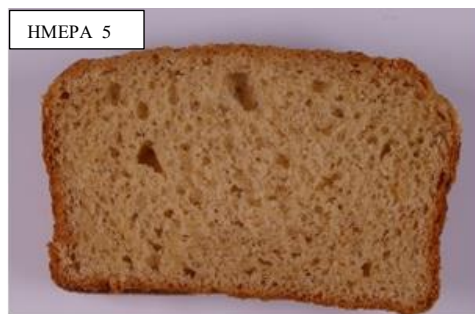
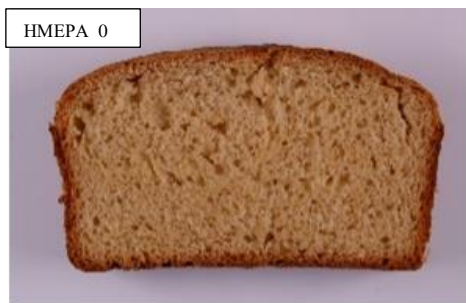
Σχήμα 6.2.5. Διαγράμματα μορφολογικών ιδιοτήτων των χορτοφαγικών τσουρεκιών από την ανάλυση εικόνας.



Εικόνα 6.2.5.1. 3 Μεταβολή της ψίχας του χορτοφαγικού τσουρεκιού κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 25°C



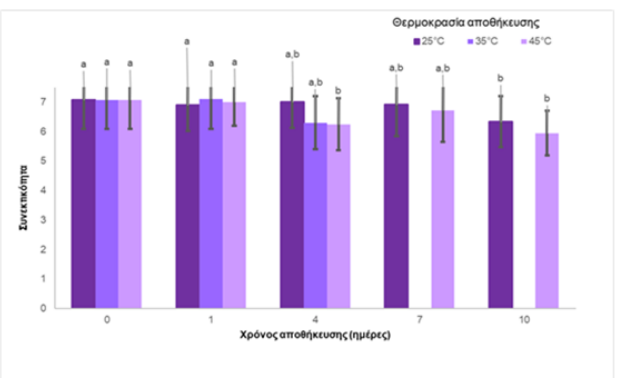
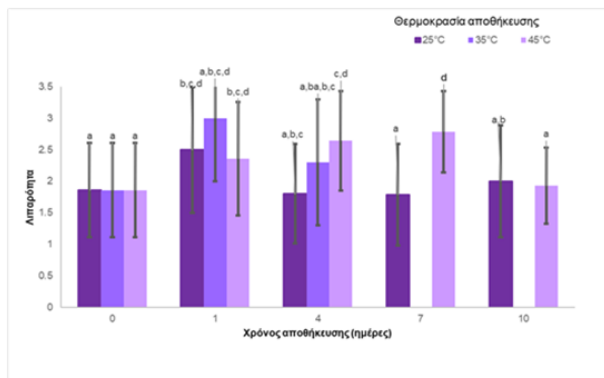
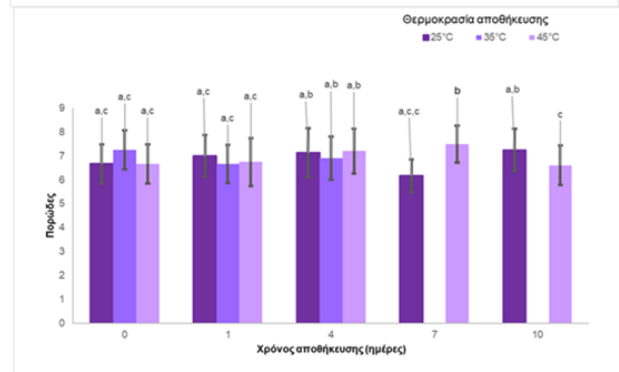
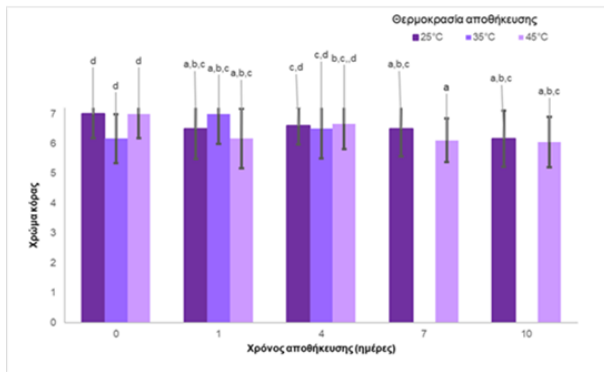
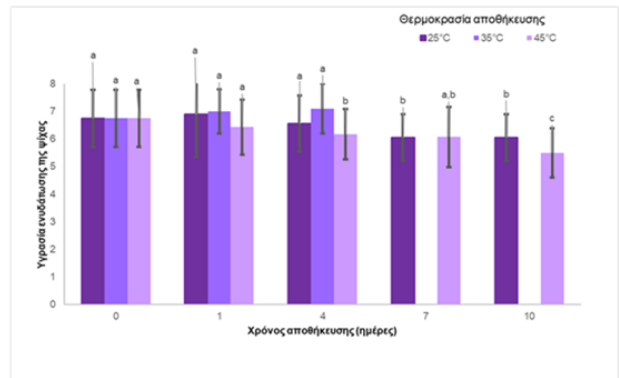
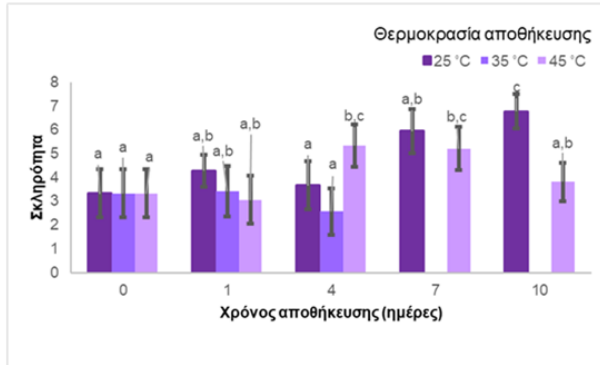
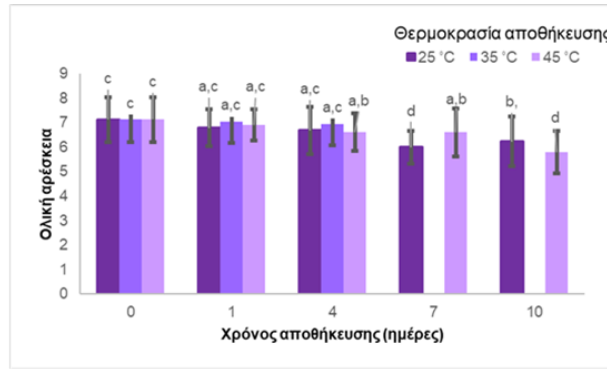
Εικόνα 6.2.5.2. 3 Μεταβολή της ψίχας του χορτοφαγικού τσουρεκιού κατά τη διάρκεια αποθηκεύσεως στους 35°C



Εικόνα 6.2.5.33 Μεταβολή της ψίχας του χορτοφαγικού τσουρεκιού κατά τη διάρκεια αποθηκεύσεως στους 45°C.

6.2.6 Αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης του χορτοφαγικού αρτοσκευάσματος

Οι δοκιμαστές εντόπισαν αύξηση της σκληρότητας που ταιριάζει με τα αποτελέσματα της τεχνικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκαν. Επίσης εντόπισαν στατιστικά σημαντική αύξηση στη λιπαρότητα του προϊόντος καθώς και μείωση της συνεκτικότητας τους γεγονός που οφείλεται στην πλήρη αντικατάσταση των ζωικών προϊόντων. Παρά τις μεταβολές που υπέστη το προϊόν κατά της διάρκεια της απόθηκευσης οι οποίες είχαν την ίδια τάση με το κλασικό αλλά σε μεγαλύτερη ένταση η ολική αρεστότητα παρέμεινε πάνω από το 5 κάνοντας έτσι το προϊόν αποδεκτό από τους καταναλωτές έως και την 10^η ημέρα αποθήκευσης του.



Σχήμα 6.2.6. Διαγράμματα αποτελεσμάτων οργανοληπτικού ελέγχου χορτοφαγικού τσουρεκιού

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάγκη για εξέλιξη των προϊόντων αρτοποιίας ώστε να συμβαδίζουν με την τάση της εποχής είναι επιτακτική και έχει πολλές πτυχές που χρήζουν έρευνας. Σε αυτή τη μελέτη αποδείχθηκε πως η επίδραση της παλαίωσης τόσο του χορτοφαγικού όσο και του παραδοσιακού τσουρεκιού επιφέρει σημαντικές αλλαγές στις φυσικοχημικές, στις οργανοληπτικές και στις ιδιότητες υφής. Και στις δύο συνταγές (παραδοσιακή και χορτοφαγική) η παλαίωση επέφερε μείωση της υγρασίας και της ενεργότητας νερού. Αυτό οδήγησε τα προϊόντα να εμφανίσουν αυξημένη σκληρότητα, οξειδωτική τάγκιση αλλά και αλλαγή στη φωτεινότητα της ψίχας. Επίσης από την ανάλυση εικόνας διεξάγεται το συμπέρασμα πως τα προϊόντα διατηρούν σταθερά τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά όπως το ύψος και το πάχος που δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια της παλαίωσης αλλά σημειώθηκε διαφορά στην ετερογένεια και στην οπτική πυκνότητα τις ψίχας που σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια της παλαίωσης τα προϊόντα έγιναν πιο σκούρα και συμπαγή. Από τον οργανοληπτικό έλεγχο κρίθηκαν αποδεκτά έως και την 10^η ημέρα παλαίωσης τους. Οι διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης επέφεραν αλλαγές κατά τη διάρκεια της παλαίωσης που μας οδηγούν στα συμπέρασμα πως όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και ο βαθμός παλαίωσης.

Η έρευνα που διεξήχθη αποδεικνύει ότι παρά τις μεταβολές που έλαβαν μέρος κατά τη διάρκεια της παλαίωσης της παραδοσιακής εκδοχής του τσουρεκιού μπορεί να διατηρήσει τα ποιοτικά της χαρακτηριστικά και να παραμείνει αρεστή στους καταναλωτές κατά την αποθήκευση της με βέλτιστες συνθήκες παραμονής τους 25 °C έως 10 ημέρες.

Τέλος και η χορτοφαγική εκδοχή του παραδοσιακού τσουρεκιού υποστεί ανάλογες μεταβολές και παρά την έλλειψη των ζωικών προϊόντων κατάφερε να διατηρήσει τα ποιοτικά της χαρακτηριστικά και να παραμείνει αρεστή στους καταναλωτές κατά την αποθήκευση της με βέλτιστες συνθήκες παραμονής τους 25 °C έως 10 ημέρες.

Η έρευνα που θα μπορούσε να συνεχιστεί μελλοντικά με:

- ❖ την μελέτη της παλαίωσης τόσο των παραδοσιακών όσο και των χορτοφαγικών τσουρεκιών σε συνδυασμό με την προσθήκη ενναλακτικών αλεύρων για τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής 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 διερεύνηση των μικροβιολογικών ιδιοτήτων προϊόντων πλουσίου ζυμαριού κατά την παλαίωση
- ❖ Την μελέτη της επίδρασης των διαφόρων ενζύμων στην διαδικασία της παλαίωσης

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- “A New Approach to Study Starch Changes Occurring in the (1).” n.d. Accessed July 8, 2022. www.mordorintelligence.com/industryreport/global-bakery-ingredients-market.
- Alava, J. M., S. J. Millar, and S. E. Salmon. 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): 71–81. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0341>.
- Alhendi, Abeer, and Ruplal Choudhary. 2013. “Current Practices in Bread Packaging and Possibility of Improving Bread Shelf Life by Nanotechnology.” *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* 2013 (4): 55–60. <https://doi.org/10.5923/j.food.20130304.02>.
- Baik, Yeol. 2008. “Role of Water in Bread Staling: A Review.” *Article in Food Science and Biotechnology*. <https://www.researchgate.net/publication/286485915>.
- “Bakery Ingredients Market Growth Trends.” n.d.
- Besbes, Emna, Alain le Bail, and Koushik Seetharaman. 2016. “Impact of Local Hydrothermal Treatment during Bread Baking on Soluble Amylose, Firmness, Amylopectin Retrogradation and Water Mobility during Bread Staling.” *Journal of Food Science and Technology* 53 (1): 304–14. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1992-z>.
- Bhoir, Shraddha A., Shobita R. Muppalla, Sweetie R. Kanatt, S. P. Chawla, and Arun Sharma. 2015. “Radappertization of Ready-to-Eat Shelf-Stable, Traditional Indian Bread {box Drawings Light Horizontal} Methi Paratha.” *Radiation Physics and Chemistry* 111 (June): 24–27. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.02.001>.
- Bosmans, Geertrui M., Bert Lagrain, Ellen Fierens, and Jan A. Delcour. 2013. “The Impact of Baking Time and Bread Storage Temperature on Bread Crumb Properties.” *Food Chemistry* 141 (4): 3301–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.031>.
- Chandan, Ramesh C., and Arun. Kilara. 2011. *Dairy Ingredients for Food Processing*. Wiley-Blackwell.
- Ding, Shiyong, Bo Peng, Youqian Li, and Jun Yang. 2019. “Evaluation of Specific Volume, Texture, Thermal Features, Water Mobility, and Inhibitory Effect of Staling in Wheat Bread Affected by Maltitol.” *Food Chemistry* 283 (June): 123–30. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.045>.

- Fadda, C., A. M. Sanguinetti, A. del Caro, C. Collar, and A. Piga. 2014. "Bread Staling: Updating the View." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12064>.
- Giannakourou, Maria C., Stylianos Poulis, Spyridon J. Konteles, Akrivi Dipla, Vladimiro P. Lougovois, Vassiliki Kyrana, Charalampos Proestos, and Vassilia J. Sinanoglou. 2021. "Combined Effect of Impregnation with an Origanum Vulgare Infusion and Osmotic Treatment on the Shelf Life and Quality of Chilled Chicken Fillets." *Molecules* 26 (9). <https://doi.org/10.3390/molecules26092727>.
- Gray, J A, and J N Bemiller. 2003. "Bread Staling: Molecular Basis and Control." *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*. Vol. 2.
- Hirpara Krupa. 2011. "Synergy of Dairy with Non-Dairy Ingredients or Product: A Review." *African Journal of Food Science* 5 (16). <https://doi.org/10.5897/ajfsx11.003>.
- Hui, Y H, H.-M Lai', and T-C Lin. 2006. "Bakery Products Science and Technology 1 Bakery Products: Science and Technology Introduction Materials of Baking Ingredients from Wheat Wheat Flour Milling Other Wheat Products Ingredients from Other Grains Rye Corn Oats Barley Rice."
- Martins, Z. E., O. Pinho, and I. M.P.L.V.O. Ferreira. 2017. "Food Industry By-Products Used as Functional Ingredients of Bakery Products." *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>.
- Miranda-Ramos, K C, N Sanz-Ponce, and C M Haros. 2019. "Evaluation of Technological and Nutritional Quality of Bread Enriched with Amaranth Flour." *LWT - Food Science and Technology* 114: 108418. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108418>.
- Mondal, Arpita, and A. K. Datta. 2008a. "Bread Baking - A Review." *Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>.
- . 2008b. "Bread Baking - A Review." *Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>.
- Salinas, María v., and María C. Puppo. 2018. "Bread Staling: Changes During Storage Caused by the Addition of Calcium Salts and Inulin to Wheat Flour." *Food and Bioprocess Technology* 11 (11): 2067–78. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2167-5>.
- Shehzad, A., H. Chiron, G. della Valle, B. Lamrini, and D. Lourdin. 2012. "Energetical and Rheological Approaches of Wheat Flour Dough Mixing with a Spiral Mixer." *Journal of Food Engineering* 110 (1): 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.12.008>.
- Smith, James P, Daphne Phillips Daifas, Wassim El-Khoury, John Koukoutsis, and Anis El-Khoury. 2004. "Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products—A Review."

- Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44 (1): 19–55.
<https://doi.org/10.1080/10408690490263774>.
- Smith, Paul R, and Jenny Johansson. 2004. “INFLUENCES OF THE PROPORTION OF SOLID FAT IN A SHORTENING ON LOAF VOLUME AND STALING OF BREAD.” *Journal of Food Processing and Preservation*. Vol. 28. www.pdfliib.com.
- Sozer, Nesli, Rieks Bruins, Christie Dietzel, William Franke, and Jozef L. Kokini. 2011. “Improvement of Shelf Life Stability of Cakes.” *Journal of Food Quality* 34 (3): 151–62. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00379.x>.
- Struyf, Nore, Eva van der Maelen, Sami Hemdane, Joran Verspreet, Kevin J. Verstrepen, and Christophe M. Courtin. 2017. “Bread Dough and Baker’s Yeast: An Uplifting Synergy.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16 (5): 850–67. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12282>.
- V.Lougkovois-V.kyrana. 2018. “Έλεγχος Βαθμού Οξειδωτικής Τάγκισης TBA-Value.” In *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΧΘΥΗΡΩΝ*, 37–39.
- Wang, Shujun, Caili Li, Les Copeland, Qing Niu, and Shuo Wang. 2015. “Starch Retrogradation: A Comprehensive Review.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14 (5): 568–85. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12143>.
- YIN, Jian, Li CHENG, Yan HONG, Zhao feng LI, Cai ming LI, Xiao feng BAN, and Zheng biao GU. 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): 300–310. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63433-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63433-5).
- Αναστασιάδης Γεώργιος, and Προβατά Ταρσία. 2021. “Valorization of Defatted Seed Meal for the Development of Novel Rich Dough Products.” Αιγάλεω,Αττικής Ελλάδα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων.
- Ευάγγελος Σ. Λάζος, and Ανδριάννα Ε. Λάζου. 2016. *Επιστήμη Και Τεχνολογία Σιτηρών*. ΠΑΠΑΖΗΣΗ.
- Σπυρίδων Ε. Παπαδάκης. 2018. *Συσκευασία Τροφίμων*. Edited by Papadakis Spiridon. 2nd ed. ΤΖΙΟΛΑ.