



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής**  
**Σχολή Επιστημών Τροφίμων**  
**Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων**

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

**ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων με συμβολή στην ανακούφιση του  
άγχους των καταναλωτών: Ιδιότητες ποιότητας**

MSc Thesis

**Development of stress relief novel foods: Properties and quality attributes**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Προβατά Ταρσία

Provata Tarsia

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Λάζου Ανδριάννα

Lazou Andriana

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2023



Faculty of Food Sciences

Department of Food Science and Technology

MSc Thesis

**Development of stress relief novel foods: Properties and quality attributes**

Provata Tarsia

21025

tarsy97@gmail.com

SUPERVISOR

Lazou Andriana

AIGALEO 2023

Έγινε δεκτή

Ο Διευθυντής του ΠΜΣ: Τσάκνης Ιωάννης

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο ‘Ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων με συμβολή στην ανακούφιση του άγχους των καταναλωτών: Ιδιότητες ποιότητας’ που παρουσιάστηκε από την Προβατά Ταρσία, υποψήφιας για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Λάζου Ανδριάνα

Κανέλλου Αναστασία

Παπαδάκης Σπυρίδων

## Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright


### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Προβατά Ταρσία του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 21025 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Καινοτομία, Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι τον Ιούλη του 2024 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου.

Προβατά Ταρσία



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κα Ανδριάνας Λάζου κατά τη χρονική περίοδο 2022-2023.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Λάζου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλα τα στάδια της διπλωματικής εργασίας, για το αμείωτο ενδιαφέρον της και την συνεχόμενη υποστήριξη της σε κάθε εμπόδιο.

Ευχαριστώ πολύ τα μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής, κα Κανέλλου Αναστασία και κα Παπαδάκη Σπυρίδων.

Ευχαριστώ πολύ την εταιρία Μύλοι Μάρρα Α.Ε. για την ευγενή χορηγία των πρώτων υλών.

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

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία ολοένα και αυξανόμενη τάση ως προς την προσοχή και το ενδιαφέρον των καταναλωτών στη διατροφή τους, οι οποίοι στρέφονται σε πιο υγιεινές επιλογές με αποδεδειγμένα οφέλη για την υγεία. Η παραγωγή αρτοσκευασμάτων εμπλουτισμένων με θρεπτικά συστατικά και η τυποποίηση τους ώστε να καταναλώνονται από ομάδες με σκοπό την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων του άγχους κρίνεται αναγκαία.

Τα βότανα όχι μόνο βελτιώνουν τη γεύση και το άρωμα των προϊόντων αλλά μπορεί να έχουν και πολλές ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία (π.χ. αντιοξειδωτική, αντικαρκινική, αντιφλεγμονώδης, αντιμικροβιακή δράση κ.α.) και εφαρμόζονται στην παραγωγή πολλών προϊόντων δημητριακών.

Το υπερικό (*Hypericum perforatum*) χρησιμοποιείται ως ιατρικό βότανο για πολλά χρόνια. Το φυτό αυτό είναι γνωστό με πολλές ονομασίες - *Hypericum perforatum*, St. John's wort, σπαθόχορτο, βότανο της μάγισσας, βάλαμο ή βαλσαμόχορτο. Το *Hypericum perforatum* L είναι ένα φυτό με επιβεβαιωμένα θεραπευτικά αποτελέσματα σε συνθήκες άγχους, ήπιας έως μέτριας κατάθλιψης, αντιοξειδωτική, αντιϊκή, αναλγητική, ηπατοπροστατευτική, αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή, αντικαρκινική δράση αλλά και στην επούλωση πληγών. Οι βασικές κατηγορίες βιοδραστικών ουσιών που περιέχονται είναι οι ναφθοδιανθρόνες, οι φλωρογλυκινόλες, τα φλαβονοειδή, τα διφλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα.

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η παρασκευή εμπλουτισμένων αρτοσκευασμάτων κέικ με προσθήκη σπαθόχορτου σε ποσοστά 0%, 1%, 3% και 5%. Κύριος σκοπός ήταν η μελέτη των δομικών (πορώδες μέσω της ανάλυσης εικόνας), γεωμετρικών και μορφολογικών, μηχανικών (σκληρότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα, μασητικότητα), φυσικοχημικών (υγρασία, ενεργότητα ύδατος, απώλεια ψησίματος, φαινολικό περιεχόμενο, αντιοξειδωτική δράση) ιδιοτήτων όσο και η μελέτη του χρώματος και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όπως αυτές επηρεάζονται από την προσθήκη του σπαθόχορτου.

Από την μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων προκύπτει ότι η προσθήκη σπαθόχορτου επέφερε μείωση της σκληρότητας σε ποσοστά 1 και 3%, ενώ η μασητικότητα διέφερε στατιστικά σημαντικά σε όλα τα δείγματα. Όσον αφορά τις φυσικοχημικές ιδιότητες, η αύξηση της περιεκτικότητας σπαθόχορτου οδήγησε σε αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας και ενεργότητας ύδατος στην ψίχα του κέικ. Οι απώλειες κατά το ψήσιμο επηρεάστηκαν ελάχιστα με την προσθήκη του σπαθόχορτου αφού όπως φαίνεται στα ποσοστά προσθήκης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επιπροσθέτως, η προσθήκη σπαθόχορτου συνέβαλε στην αύξηση τόσο του συνολικού φαινολικού περιεχομένου όσο και της

αντιοξειδωτικής δράσης σε όλες τις τυποποιήσεις. Η επίδραση του σπαθόχορτου στο χρώμα του τελικού αρτοσκευάσματος ήταν εμφανής, τόσο στην κόρα όσο και στην ψίχα, προκαλώντας μείωση της φωτεινότητας (παράμετρος  $L^*$ ) των προϊόντων. Η προσθήκη σπαθόχορτου είχε σημαντική επίδραση στις δομικές ιδιότητες του αρτοσκευάσματος, καθώς επέφερε μείωση του πορώδους των κέικ. Τέλος με την βοήθεια του λογισμικού Image Analysis μελετήθηκαν τα γεωμετρικά αλλά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων. Βάση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποδεικνύεται ότι ο εμπλουτισμός των αρτοσκευασμάτων με σπαθόχορτο επέφερε σημαντικές επιδράσεις στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Επομένως η παραγωγή κέικ με προσθήκη σπαθόχορτου μπορεί να υλοποιηθεί και να διατηρήσει τα επιθυμητά ποιοτικά του χαρακτηριστικά

## ABSTRACT

Nowadays there has been an increasing trend in the attention and interest of consumers in their diet, who are turning to healthier choices with proven health benefits. The production of nutrient-enriched bakery products and their customization to be consumed by groups in order to counteract the symptoms of stress is becoming a necessity.

Herbs not only improve the taste and flavor of products but may also have many beneficial health properties (e.g., antioxidant, anti-cancer, anti-inflammatory, antimicrobial, etc.). Also herbs are used in the production of many cereal products.

Hypericum (*Hypericum perforatum*) has been used as a medicinal herb for many years. This plant is known by many names - *Hypericum perforatum*, St. John's wort, spurge, witch hazel or balsam. *Hypericum perforatum* L is a plant with confirmed therapeutic effects in conditions of anxiety, mild to moderate depression, antioxidant, antiviral, analgesic, hepatoprotective, antimicrobial, anticancer and wound healing. The main categories of bioactive substances contained are naphthodianthrones, chloroglucinols, phthavonoids, diflavonoids and phenolic acids.

The objective of the present thesis was the preparation of enriched cake formulations with the addition of hypericum at 0%, 1%, 3% and 5%. The main objective was to study the structural (porosity through image analysis), geometrical and morphological, mechanical (hardness, elasticity, cohesiveness, chewiness) and physicochemical (moisture content, water activity, baking loss, phenolic content, antioxidant activity) properties of the product, and the study of the color as affected by the addition of hypericum.

From the study of the mechanical properties, it appears that the addition of sedum led to a decrease in hardness in percentages of 1 and 3%, while the chewiness differed statistically significantly in all samples. As for the physicochemical properties, the increase in the content of hypericum to an increase in the moisture content and water activity in the core of the cake. Baking loss were minimally affected by the addition of hypericum, as it can be seen in the percentages of addition, there are no statistically significant differences. In addition, the addition of hypericum contributed to the increase of both the total phenolic content and the antioxidant activity in all formulations. The effect of hypericum on the color of the final pastry was evident, both in the crust and in the crumb, causing a decrease in the brightness (parameter  $L^*$ ) of the products. The addition of hypericum had a significant effect on the structural properties of the pastry, as it reduced the porosity of the cakes. Finally, with assistance from the Image



Analysis software, the geometric and morphological characteristics of the pastries were studied.

Based on the results of this thesis, it is shown that the enrichment of baked goods with hypericum brought about significant effects on the properties of the final product. Therefore, the production of cake with hypericum can be implemented and maintain the desired quality characteristics.

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΆΓΧΟΣ.....</b>	<b>19</b>
2.1	Ορισμός.....	19
2.2	Συμπτώματα.....	19
2.3	Διαχείριση του άγχους μέσω των θρεπτικών συστατικών.....	20
<b>3</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: HYPERICUM PERFORATUM L.....</b>	<b>22</b>
3.1	Ιστορία του υπερικού (σπαθόχορτου).....	22
3.2	Ονοματολογία.....	23
3.3	Βοτανολογική και μορφολογική ταξινόμηση.....	25
3.4	Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις και καλλιέργεια.....	26
3.5	Ξήρανση – Συντήρηση.....	26
3.6	Χημική σύσταση – βιοδραστικά συστατικά.....	26
3.6.1	Ναφθοδιανθρόνες.....	27
3.6.2	Φλωρογλουκινόλες.....	28
3.6.3	Φλαβονοειδή.....	30
3.6.4	Διφλαβονοειδή.....	31
3.6.5	Λοιπά συστατικά.....	32
3.7	Φαρμακευτική δράση.....	32

3.7.1	Οξειδωτικό Stress.....	32
3.7.2	Αντιοξειδωτική Δράση.....	33
3.7.3	Αντικαταθλιπτική Δράση.....	33
3.7.4	Αντιμικροβιακή Δράση.....	34
3.7.5	Αντιϊκή δράση.....	35
3.7.6	Αντικαρκινική δράση.....	35
3.7.7	Επουλωτική δράση.....	36
3.7.8	Άλλες δράσεις.....	37
3.8	Παρενέργειες και Τοξικότητα.....	38
3.9	Φαρμακοκινητική και δοσολογία.....	39
3.10	Εκχύλιση φαρμακευτικών φυτών.....	40
<b>4</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ.....</b>	<b>42</b>
4.1	Αρτοποιήματα.....	42
4.2	Σκευάσματα με υπερίκο.....	43
<b>5</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΓΛΥΚΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>45</b>
5.1	Τεχνολογία παρασκευής κέικ.....	45
5.1.1	Ανάμιξη συστατικών και σχηματισμός ζυμαριού.....	46
5.1.2	Διαίρεση ζυμαριού.....	48
5.1.3	Κλιβανισμός.....	48
5.1.4	Ψύξη.....	50
5.1.5	Συσκευασία.....	50

5.2	Συστατικά του κέικ και λειτουργικές τους ιδιότητες.....	51
5.2.1	Αλεύρι.....	51
5.2.2	Ζάχαρη.....	53
5.2.3	Αυγά.....	54
5.2.4	Λιπαρά.....	55
5.2.5	Γάλα.....	56
5.2.6	Baking powder.....	57
5.2.7	Μικρο-συστατικά.....	57
<b>6</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....</b>	<b>58</b>
6.1	Σκοπός.....	58
6.2	Υλικά.....	58
6.3	Πειραματική διαδικασία.....	59
6.4	Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών των κέικ.....	61
6.4.1	Προσδιορισμός υγρασίας.....	61
6.4.2	Προσδιορισμός της ενεργότητας ύδατος.....	61
6.4.3	Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό (baking loss).....	61
6.4.4	Προσδιορισμός του χρώματος των αρτοσκευασμάτων.....	61
6.4.5	Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων.....	62
6.4.6	Προσδιορισμός ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης.....	64
6.5	Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων.....	67
6.6	Στατιστική επεξεργασία.....	67
6.6.1	Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA).....	67

<b>7</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>68</b>
7.1	Αποτελέσματα ποιοτικών χαρακτηριστικών των κέικ.....	68
7.1.1	Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων.....	68
7.1.2	Αποτελέσματα χρώματος.....	69
7.1.3	Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής.....	70
7.1.4	Αποτελέσματα ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης.....	71
7.1.5	Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας.....	74
<b>8</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>79</b>
<b>9</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>81</b>

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 1.</b> Βασική τυποποίηση παρασκευής κέικ.....	59
<b>Πίνακας 2.</b> Τυποποίηση παρασκευής κέικ με προσθήκη σπαθόχορτου.....	59
<b>Πίνακας 3.</b> Φυσικοχημικές ιδιότητες του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά ποσοστά σπαθόχορτου.....	69
<b>Πίνακας 4.</b> Ιδιότητες χρώματος του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά ποσοστά σπαθόχορτου.....	70
<b>Πίνακας 5.</b> Χαρακτηριστικά της υφής του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά ποσοστά σπαθόχορτου.....	71
<b>Πίνακας 6.</b> Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και αντιοξειδωτική δράση του κέικ παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα σπαθόχορτου.....	72
<b>Πίνακας 7.</b> Συγκέντρωση της υπερίκινης και της υπερφορίνης στο σπαθόχορτο.....	72
<b>Πίνακας 8.</b> Γεωμετρικές και μορφολογικές ιδιότητες του κέικ με διαφορετικά επίπεδα σπαθόχορτου που εκτιμάται από το πρόγραμμα Image Pro-Plus.....	76

## Κατάλογος Σχημάτων

<b>Σχήμα 1.</b> Διάγραμμα ροής της πειραματικής διαδικασίας παραγωγής κέικ.....	60
<b>Σχήμα 2.</b> Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELAB.....	62
<b>Σχήμα 3.</b> Διάγραμμα δοκιμή ανάλυσης αναπαραστάσεως υφής (Texture Profile Analysis) δύναμης-χρόνου αναλυτή υφής.....	63

## Κατάλογος Εικόνων

<b>Εικόνα 1.</b> Βαλσαμέλαιο.....	24
<b>Εικόνα 2.</b> Είδη της οικογένειας Hypericaceae.....	25
<b>Εικόνα 3.</b> Μορφολογικά χαρακτηριστικά του υπερικού (H. Perforatum).....	25
<b>Εικόνα 4.</b> Βιοσύνθεση της υπερικίνης.....	27
<b>Εικόνα 5.</b> Στερεοχημική δομή υπερφορίνης και αντιπερφορίνης.....	28
<b>Εικόνα 6.</b> Βιοσύνθεση της υπερφορίνης και της αντιπερφορίνης.....	29
<b>Εικόνα 7.</b> Στερεοχημικές δομές των φλαβονοειδών του υπερικού.....	31
<b>Εικόνα 8.</b> Στερεοχημική δομή των διφλαβονοειδών του υπερικού.....	31
<b>Εικόνα 9.</b> Δράση υπερφορίνης στο δέρμα.....	37
<b>Εικόνα 10.</b> Ρυθμός ανάπτυξης προϊόντων αρτοποιίας κατά την περίοδο πρόβλεψης 2023-2028. .....	42
<b>Εικόνα 11.</b> Συστατικά Αρτοποιίας: Τμηματοποίηση αγοράς.....	43
<b>Εικόνα 12.</b> Σκευάσματα του υπερικού μετά από επεξεργασία του φυτού.....	44
<b>Εικόνα 13.</b> Ταξινόμηση τύπων κέικ.....	46
<b>Εικόνα 14.</b> Ανάμιξη πολλαπλών σταδίων, μέθοδος κρεμοποίησης.....	47
<b>Εικόνα 15.</b> Χημική αναπαράσταση της τήξης του λίπους κατά το ψήσιμο κέικ τύπου ζύμης που παρασκευάζονται με τη διαδικασία ανάμειξης ενός σταδίου.....	48
<b>Εικόνα 16.</b> Κλιβανισμός των κέικ.....	49
<b>Εικόνα 17.</b> Μηχανισμός δράσης του Folin-Ciocalteu.....	64
<b>Εικόνα 18.</b> Μηχανισμός δράσης (DPPH).....	65
<b>Εικόνα 19.</b> Δομή της ψίχας με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III-3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη).....	77
<b>Εικόνα 20.</b> Πανοραμική όψη του κέικ με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III 3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη).....	77
<b>Εικόνα 21.</b> Πλάγια όψη του του κέικ με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III-3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη).....	78
<b>Εικόνα 22.</b> Κάτω όψη του του κέικ με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III-3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη).....	78

## 1 Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Για πολλά χρόνια τα προϊόντα αρτοποιίας διαθέτουν μία υψηλή θέση στην καθημερινή διατροφή του ανθρώπου. Η εύκολη προσβασιμότητα αλλά και το διατροφικό τους προφίλ τα καθιστούν από τις πρωταρχικές επιλογές στην σύγχρονη αγορά. Σύμφωνα με έρευνα η παγκόσμια αγορά παρασκευασμάτων αρτοποιίας αναμένεται να καταγράψει ρυθμό ανάπτυξης 3,8%, κατά την περίοδο εκτίμησης 2023 έως 2028, με την Ευρώπη να κατέχει το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων (Mordor Intelligence, no date b). Τα προϊόντα αρτοποιίας ποικίλλουν και περιλαμβάνουν διάφορα είδη όπως άρτος, κέικ, μπισκότα, τα οποία εμπεριέχουν αλεύρι σίτουως το βασικό συστατικό τους προσδίδοντάς τους σταθερό όγκο και δομή (Martins, Pinho and Ferreira, 2017).

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

Τα φυτά έχουν χρησιμοποιηθεί ως πηγή ιατρικής από τα παλιά χρόνια και συνεχίζουν να χρησιμεύουν ως βάση για πολλά φαρμακευτικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται σήμερα. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η σύγχρονη φαρμακευτική βιομηχανία γεννήθηκε από τη βοτανική ιατρική. Ωστόσο, αυτή η σύγχρονη προσέγγιση έχει οδηγήσει σε μείωση της ανάπτυξης νέων φαρμάκων τα τελευταία χρόνια και σε μια αυξανόμενη αγορά βοτανικών θεραπευτικών που είναι επί του παρόντος διαθέσιμα ως συμπληρώματα διατροφής, φάρμακα ή βοτανικά φάρμακα. Τα περισσότερα βοτανικά θεραπευτικά προέρχονται από φαρμακευτικά φυτά που έχουν καλλιεργηθεί με σκοπό την επίτευξη αυξημένων αποδόσεων σε βιοδραστικά συστατικά (Schmidt *et al.*, 2008). Ένα αυξανόμενο ποσοστό του πληθυσμού χρησιμοποιεί πλέον φυτικά προϊόντα για προληπτικούς και θεραπευτικούς σκοπούς όπως την καταπολέμηση του άγχους (Borrelli and Izzo, 2009).



Ως άγχος ορίζεται η δυσάρεστη συναισθηματική κατάσταση που περιλαμβάνει αισθήματα έντασης, φόβου ή ακόμη και τρόμου σαν απάντηση σε κίνδυνο του οποίου η πηγή είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστη ή μη αναγνωρίσιμη. Το άγχος είναι μια κοινή αντίδραση που σε κάποιο βαθμό απαντάται στους περισσότερους ανθρώπους με τη μορφή της υπερβολικής αντίδρασης σε ήπια στρεσογόνα γεγονότα . Ορισμένες ενδείξεις και συμπτώματα είναι τα εξής: κούραση, απώλεια μνήμης, πόνος στους μύες και/ή στις αρθρώσεις, ρυτίδες, γκρίζα μαλλιά, μειωμένη όραση, πονοκέφαλος, ευαισθησία στο θόρυβο, ευαισθησία σε λοιμώξεις (Μητρούση *et al.*, 2013).

Το υπερικό (*Hypericum perforatum*) χρησιμοποιείται ως ιατρικό βότανο για πάνω από 2000 χρόνια. Το φυτό αυτό είναι γνωστό με πολλές ονομασίες - *Hypericum perforatum*, St. John's wort, σπαθόχορτο, βότανο της μάγισσας, βάλσαμο ή βαλσαμόχορτο. Είναι ένα από τα φαρμακευτικά φυτά που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες για τη θεραπεία σε εγκαύματα, δερματικά τραύματα και νευραλγίες (Patočka, 2003). Το *Hypericum perforatum* L είναι ένα φυτό με επιβεβαιωμένα θεραπευτικά αποτελέσματα σε συνθήκες άγχους, ήπιας έως μέτριας κατάθλιψης, αντιοξειδωτική, αντιϊκή, αναλγητική, ηπατοπροστατευτική, αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή, αντικαρκινική δράση αλλά και στηνεπούλωση πληγών.

Τα εκχυλίσματα του υπερικού περιέχουν πολυάριθμα φαρμακολογικά δραστικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένων των ναφθοδιανθρόνων (π.χ. υπερικίνη και παράγωγα), παράγωγα φθορογλουκινολών (π.χ. υπερφορίνη, η οποία αναστέλλει την επαναπρόσληψη ενός αριθμού νευροδιαβιβαστών, συμπεριλαμβανομένης της σεροτονίνης), τα φλαβονοειδή και άλλες δραστικές ενώσεις (Borrelli and Izzo, 2009).

Διάφορες μελέτες έχουν γίνει κατά την διάρκεια των χρόνων σχετικά με τις δράσεις του υπερικού τόσο *in vitro* όσο και *in vivo*. Στην μελέτη των Kasper *et al.* (2006) η αντικαταθλιπτική αποτελεσματικότητα του υπερικού με δόσεις 600 mg/ημέρα (σε μία δόση) και του 1200 mg/ημέρα (σε δύο ημερήσιες δόσεις) σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο στη θεραπεία ασθενών με ήπια ή μέτρια κατάθλιψη μετά από 6 εβδομάδες θεραπείας έδειξε ότι είναι πιο αποτελεσματικό. Πιο συγκεκριμένα η πλειονότητα των ασθενών που λάμβαναν το εικονικό φάρμακο εμφάνισε περιορισμένη ή καθόλου βελτίωση μεταξύ της 14ης ημέρας και της 42ης ημέρας, ενώ οι ασθενείς που έλαβαν θεραπεία με το υπερικό συνέχισαν να βελτιώνονται σε ένα σχεδόν σταθερό ποσοστό μέχρι το τέλος αυτής της περιόδου. Μια άλλη μελέτη διερεύνησε το αποτέλεσμα της μονής δόσης εκχυλίσματος υπερικού 600 mg, 300 mg και την σύγκριση με εικονικό φάρμακο, σε συγκεντρώσεις ορμονών σε 12 υγείων ανδρών εθελοντών. Σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο, το εκχύλισμα υπερικού (600 mg) αύξησε

την έκκριση κορτιζόλης μεταξύ 30 και 90 λεπτών μετά τη δόση, υποδεικνύοντας την επίδραση του σε ορισμένους νευροδιαβιβαστές του κεντρικού νευρικού συστήματος (Joanne Barnes, Linda A., 2001).

Εκτός από τις δοκιμές σε αρουραίους και ανθρώπους, οι έρευνες έχουν επεκταθεί και σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων. Στην έρευνα των Sánchez-Muniz *et al.* (2012) η προσθήκη του εκχυλίσματος *Hypericum perforatum* ως λειτουργικό συστατικό, κατά την προετοιμασία τεμαχίων κρέατος με κουρκούτι που παρασκευάζονται με έναν πιο υγιεινό συνδυασμό λαδιών (ελαιόλαδο, λιναρόσπορο και ιχθυέλαια), ασκεί αντιοξειδωτική δράση όταν φυλάσσεται σε θερμοκρασία ψύξης για 19 ημέρες. Επίσης στην έρευνα των Jakubczyk *et al.* (2021), στόχος της μελέτης ήταν η παρασκευή μπισκότων με άλευρο σιταριού εμπλουτισμένα με 0,5% και 1,0% υπερίκο και ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων του για την υγεία με προσομοίωση της υδρόλυσης στο στομάχι. Η μελέτη έδειξε ότι τα μπισκότα που εμπλουτίστηκαν με το υπερίκο είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιοδραστικές ενώσεις και αντιοξειδωτική δράση. Η δραστηριότητα α-αμυλάσης είχε ως αποτέλεσμα αύξηση στο επίπεδο των πεπτιδίων σε κάθε δείγμα. Το δείγμα με ποσοστό 1% χαρακτηρίστηκε από το υψηλότερο επίπεδο πεπτιδίων σε κάθε στάδιο της υδρόλυσης σε σύγκριση με τα άλλα δείγματα, αλλά μόνο η δράση της α-αμυλάσης και της πεψίνης άσκησε σημαντική επίδραση.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρασκευή καινοτόμου προϊόντος αρτοποιίας (κέικ) με προσθήκη αλεύρου σπαθόχορτου σε αναλογίες 0%, 1%, 3% και 5%, με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και αναβαθμισμένη διατροφική αξία. Για το σκοπό αυτό θα μελετηθούν οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την ποιότητα, συμπεριλαμβανομένων των δομικών (πορώδες μέσω της ανάλυσης εικόνας), των μηχανικών, των φυσικοχημικών (ενεργότητα ύδατος, υγρασία, ολικά φαινολικά, αντιοξειδωτική δράση), του χρώματος και της ανάλυσης εικόνας.

## 2 Κεφάλαιο 2: Άγχος

### 2.1 Ορισμός

Το άγχος έχει οριστεί με πολλούς τρόπους από πολλούς διαφορετικούς ανθρώπους. Είναι ένα θέμα που ενδιαφέρει επαγγελματίες υγείας, κοινωνικούς επιστήμονες, ανθρωπολόγους και ψυχολόγους. Αν εμβαθύνει κανείς στο φαινόμενο αυτό, θα διαπιστώσει ότι ο μηχανισμός δράσης του είναι η απάντηση του σώματός μας σε οποιαδήποτε αλλαγή, απειλή ή πίεση που του ασκείται, από εξωτερικές δυνάμεις ή από το εσωτερικό. Το σώμα προσπαθεί να ανακτήσει την κανονική του κατάσταση και να προστατευτεί από κάθε πιθανή βλάβη.

Οι στρεσογόνοι παράγοντες μπορούν να οριστούν ως καταστάσεις που θέτουν σε κίνδυνο ή είναι πιθανό να θέσουν σε κίνδυνο, την επιβίωση ενός ατόμου. Γενικά, οι στρεσογόνοι παράγοντες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

i. Ψυχολογικοί στρεσογόνοι παράγοντες που βασίζονται σε μια μαθημένη απάντηση στην απειλή μιας επικείμενης δυσμενούς κατάστασης (φόβος, άγχος, έκθεση σε ένα μθιστόρημα ή μη ελεγχόμενο περιβάλλον).

ii. Στρεσογόνοι παράγοντες που αποτελούνται από ένα φυσικό ερέθισμα και έχουν ισχυρόψυχολογικό συστατικό (πόνος, σοκ, ακινητοποίηση).

iii. Στρεσογόνοι παράγοντες που προκαλούν καρδιαγγειακή ομοιόσταση (αιμορραγία, ορθοστατικό στρες/όρθια κλίση, άσκηση, έκθεση σε θερμότητα).

Κάθε άτομο έχει το δικό του επίπεδο ανοχής στο στρες. Όταν το άγχος δρα ως θετική κινητήρια δύναμη ονομάζεται ευεργετικό stress. Όταν δρα ως αρνητική δύναμη ονομάζεται δυσφορία. Το άγχος γίνεται πρόβλημα μόνο όταν είναι χρόνιο ή σοβαρό και παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε μια πληθώρα αρνητικών συμπεριφορών για την ανθρώπινη υγεία (Singh, 2016; Αθανασιάδη and Κασσεσιάν, 2016; Huang *et al.*, 2019; McEwen and Karatsoreos, 2019).

### 2.2 Συμπτώματα

Δεν είναι εύκολη η αναγνώριση του οξειδωτικού στρες, διότι λαμβάνει χώρα σε κυτταρικό επίπεδο. Στα ψυχολογικά συμπτώματα ανήκουν: η ανησυχία και η ανυπομονησία, το αίσθημα απροσδιόριστου φόβου και αγωνίας, η νευρικότητα, η διάσπαση της προσοχής, η δυσκολία στη συγκέντρωση και το αίσθημα μειωμένης αντιληπτικής ικανότητας. Στα σωματικά συμπτώματα συγκαταλέγονται: η δύσπνοια, το αίσθημα πνιγμού, το αίσθημα "κόμπου στο λαιμό", ο πόνος στο στήθος, η δυσκαταποσία, το αίσθημα παλμών, τα κρύα χέρια, η λιποθυμική τάση, η ξηροστομία, η ανορεξία, η ναυτία, ο ίλιγγος, τα κοιλιακά άλγη, η μυϊκή

τάση, η κινητική ανησυχία, ο τρόμος, η αδυναμία, η ζάλη, οι εφιδρώσεις, η συχνουρία και η κεφαλαλγία τάσης (Μητρούση *et al.*, 2013).

Μακροπρόθεσμα το οξειδωτικό στρες επιδρά αρνητικά στα κύτταρα, τις πρωτεΐνες και το DNA του σώματος προκαλώντας μόνιμες βλάβες, όπως πρόωρη γήρανση, διαβήτη, αθηροσκλήρωση ή σκλήρυνση των αιμοφόρων αγγείων, φλεγμονώδεις καταστάσεις, υψηλή αρτηριακή πίεση, καρδιακή ασθένεια, νευροεκφυλιστικές ασθένειες, όπως το Πάρκινσον και το Αλτσχάιμερ, σύνδρομο χρόνιας κόπωσης, βρογχικό άσθμα (Σαλή, 2022).

### 2.3 Διαχείριση του άγχους μέσω των θρεπτικών συστατικών

Η διαχείριση του στρες είναι ένα ισχυρό κίνητρο για την διατήρηση της υγείας του ανθρώπου. Το άγχος δεν επηρεάζει μόνο την επιλογή του φαγητού ενός ατόμου αλλά και την ποσότητα που καταναλώνεται.

Το διατροφικό οξειδωτικό στρες περιγράφει μια ανισορροπία μεταξύ του προοξειδωτικού φορτίου και της αντιοξειδωτικής άμυνας ως συνέπεια του υπερβολικού οξειδωτικού φορτίου ή της ανεπαρκούς παροχής του οργανισμού με θρεπτικά συστατικά (Poitout *et al.*, 2006). Παρακάτω παρατίθενται χημικές ενώσεις οι οποίες συμβάλλουν στην καταπολέμηση του stress.

**Ωμέγα 3 λιπαρά οξέα:** Ο εγκέφαλος χρειάζεται ωμέγα 3 λιπαρά οξέα για το σχηματισμό υγιών νευρικών κυττάρων. Έχει επίσης αναφερθεί ότι τα ωμέγα 3 λιπαρά οξέα σχετίζονται με χαμηλότερο κίνδυνο εμφάνισης κατάθλιψης. Το DHA (δοκοσαεξανοϊκό οξύ) είναι απαραίτητο συστατικό της μεμβράνης των εγκεφαλικών κυττάρων, το οποίο ενισχύει τον εγκέφαλο στη χρήση διαφόρων χημικών ουσιών και μπορεί να ενεργοποιήσει τα γονίδια που παράγουν τη σεροτονίνη, αποτελώντας ένα καλό φυσικό αντικαταθλιπτικό. Ένα σημαντικό ποσοστό (περίπου 70%) της εγκεφαλικής ουσίας φτιάχνεται από Ωμέγα-3, ενώ μειωμένη λήψη αυτών μπορεί να συνδέεται με τη νόσο Αλτσχάιμερ, χαμηλό IQ, κατάθλιψη, μειωμένη πνευματική λειτουργία, νευρική αδυναμία, ADHD, αυτισμό, δυσλεξία και άλλες διαταραχές.

**Πρωτεΐνες:** Η τρυπτοφάνη είναι ένα αμινοξύ που βρίσκεται στο γάλα καθώς και σε πολλές τροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες όπως τα δημητριακά ολικής αλέσεως. Η σεροτονίνη (5-υδροξυτρυπταμίνη ή 5-HT) συντίθεται από το αμινοξύ τρυπτοφάνη (TRP). Η τρυπτοφάνη συνεργάζεται με τη βιταμίνη B6, τη νιασίνη και το μαγνήσιο για τη σύνθεση της σεροτονίνης. Ομοίως, η τυροσίνη είναι πρόδρομο μόριο της νοραδρεναλίνης (NA). Το στρες αυξάνει τον ρυθμό απελευθέρωσης της νοραδρεναλίνης (NA) τόσο στην περιφέρεια όσο και στο κεντρικό νευρικό σύστημα, επομένως απαιτείται περισσότερη πρωτεΐνη και ιδιαίτερα τυροσίνη. Η φαινυλαλανίνη και η τυροσίνη προάγουν την εγρήγορση, τη ζωτικότητα και

βοηθούν στην

αύξηση του ρυθμού με τον οποίο οι εγκεφαλικοί νευρώνες παράγουν αντικαταθλιπτικές ουσίες (ντοπαμίνη και νορεπινεφρίνη). Η θεανίνη μειώνει το ψυχικό και σωματικό στρες, βελτιώνει τη γνωστική λειτουργία και να ενισχύει τη διάθεση και τη γνωστική απόδοση σε συνεργιστική δράση με την καφεΐνη.

**Βιταμίνες:** Η βιταμίνη C θεωρείται ότι καταπολεμά και μειώνει το στρες, βοηθά στην υποστήριξη των επινεφριδίων και αυξάνει την αντίσταση του οργανισμού σε λοιμώξεις και ασθένειες. Η πλειονότητα των βιταμινών B ενισχύει την ανάπτυξη και την συντήρηση του νευρικού συστήματος. Έλλειψη βιταμίνης B στο νευρικό σύστημα αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης συμπτωμάτων που σχετίζονται με το στρες, όπως ευερεθιστότητα, λήθαργος και κατάθλιψη.

**Μαγνήσιο:** Τόσο το σωματικό όσο και το ψυχολογικό στρες αυξάνουν την απώλεια μαγνησίου από τα κύτταρα (ιδιαίτερα από την καρδιά και άλλα ζωτικά όργανα), διεγείρουν την απέκκρισή του από τα ούρα και αυξάνουν τις διατροφικές απαιτήσεις για μαγνήσιο. Το μαγνήσιο συμβάλλει στην καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος και στην καλή ψυχολογία, χαλαρώνει τους μύς, μειώνει τη σωματική ένταση και συμβάλλει στην ηρεμία.

**Ασβέστιο:** Το ασβέστιο όπως και το μαγνήσιο απαιτείται ώστε να διατηρούνται και να λειτουργούν σωστά τα νευρικά ερεθίσματα.

**Σελήνιο:** Είναι ένα ορυκτό (αμέταλλο) που εμπλέκεται στις αντιδράσεις που απελευθερώνουν ενέργεια από τα κύτταρα. Η έλλειψή του μπορεί να προκαλέσει κόπωση. Η επαρκής παροχή βιταμίνης E αυξάνει την αποτελεσματικότητα του σεληνίου. Το σελήνιο έχει αντικόπο στη λειτουργία των επινεφριδίων (Singh, 2016; Poitout *et al.*, 2006; Takeda *et al.*, 2004; Μισερλή and Φιλίππου, 2018).

**Αντιοξειδωτικά συστατικά:** Ένα αντιοξειδωτικό είναι μια ουσία που σε χαμηλές συγκεντρώσεις καθυστερεί ή αποτρέπει την οξείδωση ενός υποστρώματος. Οι αντιοξειδωτικές ενώσεις δρουν μέσω πολλών χημικών μηχανισμών: μεταφορά ατόμου υδρογόνου (HAT), μεταφορά απλού ηλεκτρονίου (SET) και ικανότητα χηλικής δημιουργίας μετάλλων μετάπτωσης.

Τα πιο γνωστά και ισχυρά αντιοξειδωτικά των τροφών περιλαμβάνουν τα καροτενοειδή, όπως το β-καροτένιο, το λυκοπένιο και τη λουτεΐνη. Άλλες αντιοξειδωτικές ουσίες είναι τα φλαβονοειδή (κατεχίνη και κερσετίνη), τα φαινολικά οξέα οι τανίνες και οι λιγνάνες. Οι τοκοφερόλες α,β,γ και δ- απαντώνται ως ήπια συστατικά σε όλα τα φυτικά έλαια και είναι από τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα αντιοξειδωτικά (Pokorný, 1991; Pokorný and Korczak, 2010; Shahidi and Zhong, 2015; Francenia Santos-Sánchez *et al.*, 2019; Μαργαρίτα Πανδή, 2020).

### 3 Κεφάλαιο 3: *Hypericum perforatum* L.

Το σπαθόχορτο είναι ένα φυτό γνωστό από τα παλιά χρόνια, ένα από τα παλαιότερα φαρμακευτικά βότανα στην Ευρώπη και χρησιμοποιούνταν ήδη στην αρχαιότητα και τον Μεσαίωνα, του οποίου η δράση μελετάται μέχρι και σήμερα κυρίως για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες (*Pharmacognosy*, 2009). Τα βοτανοθεραπευτικά σκευάσματα συνήθως βάμματα, περιέχουν ολόκληρα τα βότανα και η χημική τους σύνθεση βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο φυτό από το οποίο προέρχονται. Τα σκευάσματα από ολόκληρο το βότανο μπορεί να μην περιέχουν πάντα μια συγκεκριμένη ποσότητα δραστικών συστατικών, αλλά οι κατασκευαστές τους υποστηρίζουν ότι αυτό που καθορίζει τη συνολική αποτελεσματικότητα του σκευάσματος είναι ολόκληρο το φάσμα των συστατικών και όχι μόνο ένα ή δύο δραστικά συστατικά (Ιστίκογλου, 2008).

#### 3.1 Ιστορία του υπερικού (σπαθόχορτου)

Τα βότανα χρησιμοποιούνται πολύ καιρό πριν από την εμφάνιση των φαρμάκων, συνταγογραφούμενων και μη, αφού αποδεδειγμένα εμφανίζουν ισχυρές θεραπευτικές ιδιότητες. Μπορεί σαν βότανο, το υπερικό, να είναι γνωστό από τα παλιά χρόνια, αλλά η φαρμακευτική του δράση και η διάθεσή του σε καταστήματα προϊόντων με διάφορες μορφές, όπως κάψουλες, υγρά εκχυλίσματα, έλαια, αλοιφές και άλλα έγινε γνωστή πρόσφατα.

Το φυτό έχει μια μακρά ιστορία πάνω από 2400 χρόνια για την επουλωτική δράση των πληγών, από τον πέμπτο αιώνα π.Χ. Για αιώνες, οι Ευρωπαίοι το χρησιμοποιούν για να θεραπεύσουν έναν τεράστιο αριθμό ασθενειών, όπως άγχος, κρυολόγημα, κατάθλιψη, γρίπη, αιμορροΐδες, συσπάσεις των μυών της μήτρας κατά την έμμηνο ρύση, δερματικές μολύνσεις και πληγές. Μάλιστα, οι περισσότερες από τις αρχικές καταγεγραμμένες αναφορές προέρχονται από ανθρώπους που χρησιμοποιούσαν βότανα και γιατρούς που έζησαν στην Ελλάδα και τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, όπου το φυτό ήταν γνωστό με το ελληνικό του όνομα «Υπερικόν».

Μερικές από τις δράσεις του, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω, καταγράφηκαν από τον Έλληνα βοτανολόγο του 1ου μ.Χ. αιώνα Πεδάνιο Διοσκουρίδη, το Ρωμαίο Πλήνιο, τον Ιπποκράτη αλλά και από σύγχρονους ιατρούς, τον Γαληνό. Ο Διοσκουρίδης, περίφημος βοτανοθεραπευτής της αρχαίας Ελλάδας, αναφέρει τέσσερα είδη υπερικού, τα οποία προτείνει κατά της οσφυοϊσχιαλγίας, σε πόσιμο μείγμα με νερό και μέλι. Ισχυρίζεται ότι η τοπική χρήση του βοτάνου βοηθάει σημαντικά στην επούλωση των εγκαυμάτων και η κατανάλωση του υπό μορφή αφεψήματος ανακουφίζει από τη δυσπεψία και τους κολλικούς πόνους, αλλά πρέπει να

χορηγείται έως την πλήρη ίαση. Ο Πλήγιος αναφέρεται στο υπερικό ως φάρμακο για προβλήματα της ουροδόχου κύστης. Επιπλέον το θεώρησε εξαιρετικά αποτελεσματικό για τη θεραπεία των τσιμπημάτων φιδιών, όταν αναμιγνύεται με κρασί. Παρόλα αυτά αναφορές υπάρχουν και από τον Παράκελσο (1493–1541 μ.Χ.), διάσημος Ελβετός αλχημιστής και γιατρός, ο οποίος χρησιμοποιούσε το υπερικό σαν φάρμακο. Ο Παράκελσος ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε τη σημασία της αποστείρωσης του *Hypericum* με βρασμό, ενώ το συνιστούσε για τη θεραπεία της κακής ιδιοσυγκρασίας και του άγχους.

Μέχρι τον Μεσαίωνα, το υπερικό αποτελούσε μέρος πολλών τελετουργιών του θερινού ηλιοστασίου. Την παραμονή της ημέρας του Αγίου Ιωάννη, για παράδειγμα, οι άνθρωποι συνήθιζαν να κρεμούν γιρλάντες από φύλλα και άνθη αυτού του φυτού πάνω από τις πόρτες των σπιτιών και των εκκλησιών, για προστασία τους από μάγισσες και κακά πνεύματα.

Οι ιππότες του Τάγματος του Αγίου Ιωάννη της Ιερουσαλήμ χρησιμοποιούσαν τακτικά καταπλάσματα που γίνονταν από τη συμπίεση των λουλουδιών και των φύλλων του φυτού για την παύση της αιμορραγίας και τη θεραπεία των τραυμάτων στο πεδίο της μάχης τον 11ο, 12ο και 13ο αιώνα. Κατά την ίδια περίοδο, εκείνοι που έπασχαν από μανία ή πίστευαν ότι είχαν κυριευθεί από δαίμονες, συχνά λάμβαναν αφηνήματα του φυτού ή εισέπνεαν την ελαφρώς πικρή και όξινη οσμή του.

Το 1618, το υπερικό ήταν ένα από τα θεραπευτικά φυτά που αναφέρονται στην πρώτη Φαρμακοποιία του Λονδίνου. Στην Αγγλία, το φυτό έγινε ιδιαίτερα γνωστό από τον Nicholas Culpeper (1616–1654), τον διάσημο βοτανολόγο. Οι Αμερικανοί άποικοι που μετανάστευσαν στην Αγγλία, τη Γαλλία και τη Γερμανία, έφεραν το φυτό στις βορειοανατολικές πολιτείες των ΗΠΑ και από εκεί εξαπλώθηκε στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας.

Παρόλα αυτά, κατά τη διάρκεια τον 20ο αιώνα, το υπερικό έγινε γνωστό για τις τεράστιες θεραπευτικές του εφαρμογές, κυρίως ως αντικαταθλιπτικό, και στις δύο πλευρές του Ατλαντικού. Οι θεραπευτικές ενδείξεις του υπερικού, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, είναι το κοινό κρυολόγημα, η γρίπη, η λοιμώδης μονοπυρήνωση, η δυσμηνόρροια, η εμμηνόπαυση, η προεμμηνορροϊκή δυστονία, το σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα, η οσφυϊκή μοίρα, το υποδόριο αιμάτωμα, εγκαύματα κάθε φύσης, τσιμπήματα εντόμων, παχυσαρκία, άγχος, αϋπνία, εποχιακές συναισθηματικές διαταραχές και, τέλος, ήπια και μέτρια κατάθλιψη (Ιστίκογλου, 2008; Mavreas and Geroulanos, 2010).

### 3.2 Ονοματολογία

Το φυτό αυτό είναι γνωστό με πολλές ονομασίες - *Hypericum perforatum*, St. John's



wort, σπαθόχορτο, βότανο της μάγισσας, βάλσαμο ή βαλσαμόχορτο. Οι ονομασίες που έχουν

δοθεί με τα χρόνια έχουν είτε θρησκευτική προέλευση και μαγεία (st Johns Wort, devil's clog) ή είναι σχετικές με την βοτανολογική περιγραφή και τις θεραπευτικές του ιδιότητες (βαλσαμόχορτο). Παρόλο που κάποιοι λεξικογράφοι πίστευαν και προσπαθούσαν να το συνδέσουν με τον όρο υπό ή υπέρ-ερικό, πάνω ή κάτω από το ρείκι (είδος φυτού), το όνομα *Hypericum* προέρχεται από δύο ελληνικές λέξεις, *hyper* (πάνω) και *icum* (εικόνα), το υπερικό, το οποίο τοποθετούσαν πάνω στις εικόνες, γιατί θεωρούσαν ότι διώχνει τα κακά πνεύματα (Belwal *et al.*, 2018). Ο συμβολισμός «perforatum» αναφέρεται στην παρουσία μικρών ελαιοαδένων στα φύλλα που μοιάζουν με διατρήσεις.

Λέγεται και βότανο του Αγίου Ιωάννη (St. John's wort) ενώ η παραδοσιακή ανθοφορία και συγκομιδή του γίνεται την ημέρα του Αγίου Ιωάννη του Προδρόμου, 24 Ιουνίου, αν και η ονομασία αυτή συναντάται και σε άλλες χώρες (Linde, 2009). Η ονομασία προέρχεται από το κάψιμο των μπουκέτων του φυτού που είχαν χρησιμοποιηθεί για να «τραβήξουν» το «κακό» όλη την προηγούμενη χρονιά στις φωτιές κατά τη μνήμη του αποκεφαλισμού του Αγ. Ιωάννη του Βαπτιστή (στο θερινό ηλιοστάσιο), ώστε να καεί μαζί τους και το «κακό» που έχουν «προσροφήσει». Σύμφωνα με άλλες απόψεις, σχετίζεται με τις κόκκινες κηλίδες (κόκκινο λάδι που εμφανίζονται στα φύλλα του, όταν αυτά συνθλίβονται), που συμβολίζουν το αίμα του αγίου, ή με το ότι ο άγιος εμφανιζόταν στον ύπνο όποιου κοιμόταν μ' ένα τμήμα του φυτού κάτω από το μαξιλάρι του και τον ευλογούσε (Μανώλης Μιτάκης, 2020).

Ο όρος βαλσαμόχορτο προέρχεται από το ρήμα βαλσαμώνω, που σημαίνει ταριχεύω, και προέρχεται από τη χρήση ρητινών και αρωμάτων που είχαν την ιδιότητα να αναστέλλουν ή να επιβραδύνουν δραματικά τη διαδικασία της σήψης. Έτσι, στο υπερικό λόγω της αντισηπτικής και της επουλωτικής δράσης του δόθηκε από το λαό το όνομα βαλσαμόχορτο, ενώ ο όρος σπαθόχορτο προήλθε από το σχήμα των φύλλων του, αλλά και λόγω του ότι στην αρχαιότητα το χρησιμοποιούσαν ως επουλωτικό, στις πληγές που γινόντουσαν από τα σπαθιά (Μανώλης Μιτάκης, 2020; Ιστίκογλου, 2008).

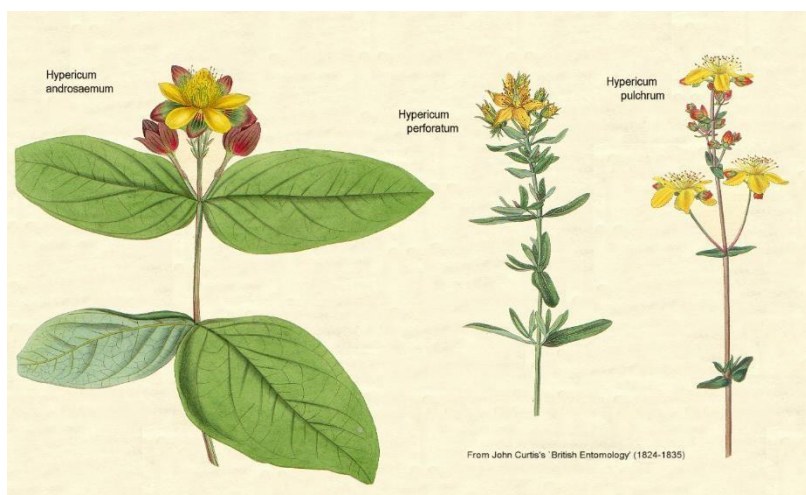


**Εικόνα 1.** Βαλσαμέλαιο

Πηγή: <https://www.e-evros.gr/gr/eidhseis/3/spa8olado-ena-akomh-8ayma-ths-fyshs/post45661>

### 3.3 Βοτανολογική και μορφολογική ταξινόμηση

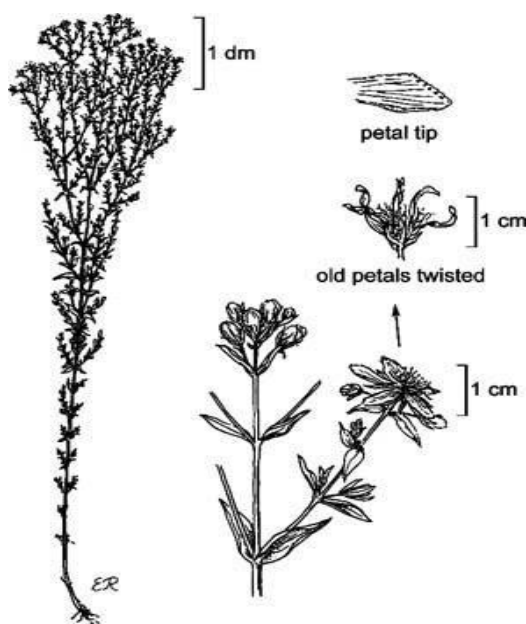
Ανήκει στην οικογένεια των υπερικίδων (Hypericaceae), ενώ παλιά την κατηγοριοποιούσαν στην οικογένεια των κλουσιοειδή (Guttiferae/Clusiaceae). Η οικογένεια των κλουσιοειδή περιλαμβάνει περίπου 40 γένη και 1000 είδη. Είναι δέντρα, θάμνοι ή λιάνες, εκτός από το *Hypericum*, το



**Εικόνα 2.** Είδη της οικογένειας Hypericaceae

οποίο συχνά αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστή οικογένεια, τα Hypericaceae. Τα κύρια γένη είναι τα *Hypericum* (400 spp.), *Kielmeyera* (20 spp.), *Clusia* (145 spp.), *Garcinia* (400 spp.) και *Calophyllum* (112 spp.) (*Pharmacognosy*, 2009; Hara, 2013).

Είναι φυτό ποώδες, πολυετές (6-7 έτη), ύψους 20-80 cm. Έχει όρθιο βλαστό, κυλινδρικό με μικρά λογχοειδή φύλλα, άμισχα που φέρουν πολλά διαφανή στίγματα (ελαιοφόρους αδένες) και άνθη κίτρινα με πορτοκαλί με μαύρα στίγματα. Τοποθετώντας το φύλλο στο φως είναι ευδιάκριτα τα στίγματα αυτά, δίνοντας έτσι την εντύπωση πως υπάρχουν μικρές τρύπες στο φύλλο, από εκεί δικαιολογείται και η λατινική ονομασία του φυτού *perforatum* δηλαδή διάτρητο (Αγροσύμβουλος, 2022). Μελέτες έχουν δείξει ότι οι ημιδιαφανείς αδένες συσσωρεύουν ένα αιθέριο έλαιο (κόκκινο λάδι), ενώ η υπερικίνη και τα παράγωγά της υπάρχουν στα μαύρα στίγματα (Maffi *et al.*, 2003).



**Εικόνα 3.** Μορφολογικά χαρακτηριστικά του υπερικού (*H. Perforatum*)

Η ταξιανθία είναι μυτερή και μπορεί να αποτελείται ακόμη και από 30 άνθη. Τα άνθη είναι αστεροειδή, διαμέτρου 6-7 mm, με πέταλα χρυσοκίτρινα και είναι πέντε στο σύνολο (Szkudlarz *et al.*, 2019). Οι στήμονες του φυτού έχουν ιδιαίτερη μορφή, με στερεό κυλινδρικόστέλεχος, με δύο γραμμές που εξέχουν κατά μήκος. Αυτές οι γραμμές κάνουν τον στήμονα να

μοιάζει επίπεδος, πράγμα εντελώς ασυνήθιστο στον κόσμο των φυτών (Natmed Medical, no date).

### 3.4 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις και καλλιέργεια

Το πολυετές αυτό φυτό απαντάται σε όλα τα κλίματα, εκτός από τα πολύ ψυχρά, και σε όλα τα μέρη του κόσμου στην Ευρώπη, την Ασία, την Αυστραλία και την Αμερική. Μπορεί να αναπτυχθεί σε υψόμετρο από το επίπεδο της θάλασσας έως 2.500 m. Αναπτύσσεται σε ξεράεδαφη, πτωχά-μέτριας γονιμότητας με καλή αποστράγγιση και από άποψη pH από ελαφρά όξινα έως και αλκαλικά. Δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία και νερό.

Η φύτευση γίνεται τους μήνες Απρίλιο-Μάιο και απαιτούνται αποστάσεις μεταξύ των φυτών. Τα φυτά ωριμάζουν και ανθίζουν στο δεύτερο έτος. Το σπαθόχορτο πρέπει να αρδεύεται πριν και μετά τη φύτευση των φυταρίων. Το σπαθόχορτο ανέχεται την ξηρασία από τη στιγμή που έχει εγκατασταθεί. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται στην αρχή της άνθησης, όταν το 20-25% των φυτών έχουν ανθίσει και η περιεκτικότητά τους σε υπερικίνη είναι στον μέγιστο βαθμό, δηλαδή μεταξύ του τέλους Μαΐου και τέλους Ιουλίου. Συγκομίζονται οι ανθοφόρες κορυφές και τα φύλλα (Αγροσύμβουλος, 2022).

### 3.5 Ξήρανση – Συντήρηση

Η ξήρανση είναι το σημαντικότερο στάδιο που καθορίζει κατά πολύ μεγάλο βαθμό την ποιότητα του προϊόντος και επομένως τις δυνατότητες εμπορίας. Οι ανθοφόρες κορυφές και τα φύλλα του σπαθόχορτου κόβονται σε μικρότερα τεμάχια και στη συνέχεια να ξηραίνονται, σε σκοτεινό μέρος και σε θερμοκρασία 30-45°C για 3-7 ημέρες. Στη συνέχεια συσκευάζονται σε σάκους πολυαιθυλενίου κατάλληλους για συσκευασία τροφίμων που διατηρούνται σε χώρους που προστατεύονται από το φως. Η αποθήκη όπου αποθηκεύεται το προϊόν πρέπει να είναι καθαρή, χωρίς οσμές, σκοτεινή, ξηρή, με μία σταθερή και χαμηλή θερμοκρασία. Εάν οι συνθήκες αποθήκευσης είναι καλές, τα άνθη και οι οφθαλμοί διατηρούν τις φυτοενεργές τους ουσίες για μία διάρκεια 6-9 μηνών (Κορρέ, 2017).

### 3.6 Χημική σύσταση – βιοδραστικά συστατικά

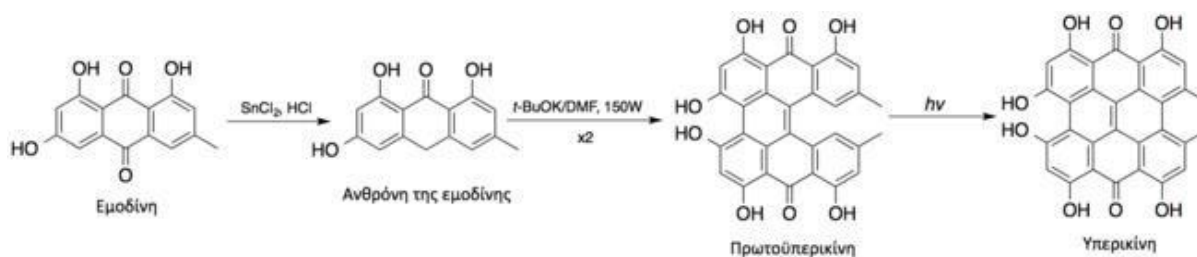
Μέσα από έρευνες που έχουν γίνει στο σπαθόχορτο σχετικά με τα βιοδραστικά του συστατικά έχουν προσδιοριστεί πέντε βασικές κατηγορίες βιοδραστικών ουσιών με φαρμακευτικό ενδιαφέρον. Αυτές περιλαμβάνουν τις ναφθοδιανθρόνες, τις φλωρογλυκινόλες, τα φλαβονοειδή, τα διφλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα. Τα βασικά συστατικά, που αυξάνουν το ενδιαφέρον για το φυτό καθώς συναντώνται κυρίως σε αυτό, είναι η υπερικίνη

και η υπερφορίνη. Σε μικρότερες συγκεντρώσεις περιέχονται τανίνες, αιθέρια έλαια, αμινοξέα και βιταμίνες (Zhao, Liu and Wang, 2015; Mullaicharam and Halligudi, 2018).

### 3.6.1 Ναφθοδιανθρόνες

Είναι ενώσεις που χαρακτηρίζονται από έντονο κόκκινο χρώμα και παρουσιάζουν αρκετές βιολογικές και φωτοτοξικές ιδιότητες που προκαλούνται από διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης. Οι υπερικίνες- ονομάζονται συχνά έτσι ως το σύνολο των ναφθοδιανθρονών - είναι οι πιο γνωστές ενώσεις αυτής της κατηγορίας. Τα δύο πρώτα παράγωγα πρωτοϋπερικίνη και ψευδοπρωτοϋπερικίνη, έχουν επίσης βρεθεί σε αρκετά είδη *Hypericum*, αλλά λόγω της ασταθούς φύσης τους μετατρέπονται εύκολα σε υπερικίνη και ψευδοϋπερικίνη, αντίστοιχα (Crockett and Robson, 2011; Mullaicharam and Halligudi, 2018; Silva *et al.*, 2021). Η ψευδοϋπερικίνη είναι η κύρια ναφθοδιανθρόνη στο *H. perforatum*, που συνήθως υπάρχει σε δύο έως τέσσερις φορές υψηλότερες ποσότητες από την υπερικίνη (Wynnand Cotton, 1995).

Οι ναφθοδιανθρόνες προέρχονται από τον μεταβολισμό των ανθρακινονών, με πρόδρομο μόριο την ανθρόνη της εμοδίνης. Αρχικά γίνεται η σύνθεση των πρωτοναφθοδιανθρονών, όπως είναι η πρωτοϋπερικίνη και πρωτοψευδοϋπερικίνη, και μετά την έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, προκύπτουν οι ναφθοδιανθρόνες. Έτσι αυτές οι αρχικές μορφές, αποτελούν μερικώς κυκλικά πρόδρομα μόρια των ναφθοδιανθρονών. Σχετικά με την κυκλοψευδοϋπερικίνη, η οποία προέρχεται από την ψευδοϋπερικίνη, θεωρείται ότι είναι προϊόν οξείδωσης της τελευταίας (Huang, Wang and Chen, 2014).



**Εικόνα 4.** Βιοσύνθεση της υπερικίνης  
Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7>

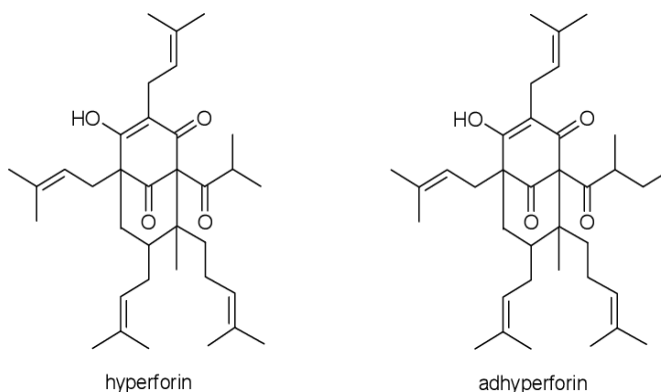
Οι ενώσεις είναι πιο άφθονες στα άνθη και τα φύλλα, με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,03% έως 0,3% του ξηρού βάρους, το οποίο μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, την ποικιλία, το υψόμετρο, τις συνθήκες φωτισμού, την προέλευση και την εποχή (Nahrstedt, 1997; Silva *et al.*, 2021).

Η υπερικίνη είναι ελάχιστα διαλυτή στους περισσότερους διαλύτες. Σχηματίζει κόκκινο διάλυμα στους περισσότερους οργανικούς διαλύτες, πράσινο διάλυμα σε βασικά μέσα και μωβ χρώμα σε υδατικά διαλύματα (Wynn and Cotton, 1995).

Η υπερικίνη είναι το κύριο φωτοευαίσθητο συστατικό του *H. perforatum* (που προκαλεί υπερικισμό) ενώ η ψευδοϋπερικίνη δεν έχει φωτοτοξικότητα. Ο υπερικισμός είναι μια κατάσταση δερματικής φωτοευαισθησίας μετά την κατάποση πολύ μεγάλων ποσοτήτων φυτών *Hypericum* και την έκθεση στο ηλιακό φως, που εντοπίστηκε για πρώτη φορά μελετώντας τα αίτια αυτού σε ζώα (Theodossis A Theodossiou *et al.*, 2009).

### 3.6.2 Φλωρογλουκινόλες

Δύο στενά συγγενείς ενώσεις έχουν βρεθεί στο *H. Perforatum*, η υπερφορίνη ως το κύριο παράγωγο της φλωρογλουκινόλης και η αντιπερφορίνη, η οποία διαφέρει ως προς την μεθυλομάδα που περιέχει. Το σπαθόχορτο είναι από τα μόνα είδη που περιέχουν υπερφορίνη. Η υπερφορίνη είναι ένα δικυκλικό πολυπρενυλιωμένο παράγωγο

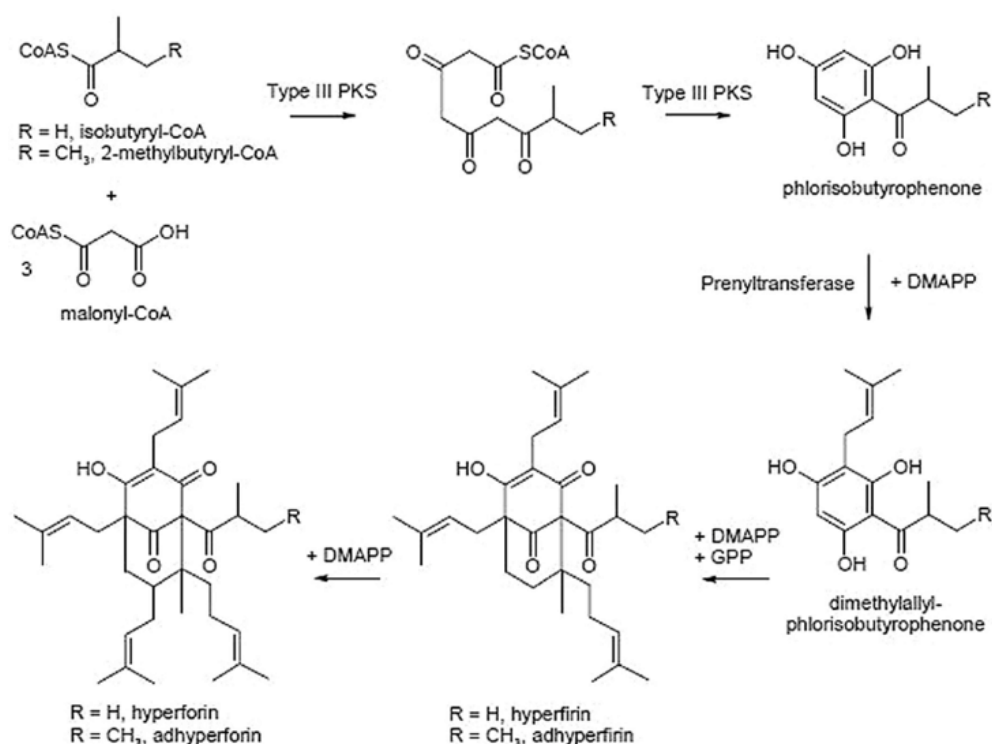


**Εικόνα 5.** Στερεοχημική δομή υπερφορίνης και αντιπερφορίνης  
Πηγή: (Karppinen, 2010)

με αντιβιοτικές ιδιότητες που η δομή της δεν μοιάζει με τις δομές των κλασικών αντιβιοτικών (Beerhues, 2006). Και οι δύο ενώσεις απαντώνται αποκλειστικά στα αναπαραγωγικά μέρη του φυτού, σε μικρότερες ποσότητες στα άνθη και σε μεγαλύτερες ποσότητες στους ώριμους καρπούς. Η συνολική ποσότητα και των δύο ενώσεων αυξάνεται από περίπου 2%/0,2% στα άνθη σε 4,4%/1,8% στους ώριμους καρπούς (υπερφορίνη και αντιπερφορίνη αντίστοιχα).

Οι υπερφορίνες είναι λιπόφιλες και ασταθείς έναντι της θερμότητας και του φωτός αλλά και στους περισσότερους οργανικούς διαλύτες (Medina *et al.*, 2006; Patočka, 2003). Γιατο λόγο αυτό, η βιοδραστηριότητά του ήταν δύσκολο να μελετηθεί μέχρι και πρόσφατα, για αυτό και δεν θεωρούνταν σαν βιοδραστικά ενεργό συστατικό του *H. perforatum*. Τα κύρια προϊόντα αποικοδόμησης της υπερφορίνης σε όξινο υδατικό διάλυμα σύμφωνα με τους Ang *et al.*, (2004) είναι η φουροϋπερφορίνη, το υδροϋπεροξειδίο και το ισομερές α της φουρουπερφορίνης.

Η βιοσύνθεση των υπερφορινών χωρίζεται σε δύο τμήματα που περιλαμβάνουν το σχηματισμό του πυρήνα της ακυλοχλωρογλυκινόλης και την επακόλουθη σύνδεση πλευρικών αλυσίδων πρενυλίου σε αυτόν. Ο πυρήνας της υπερφορίνης προέρχεται από τη συμπύκνωση ενός μορίου ισοβουτυρυλο - συνενζύμου A με τρία μόρια μηλότυλο-συνενζύμου A για να δώσει ένα γραμμικό ενδιάμεσο τετρακετιδίου που κυκλοποιείται περαιτέρω, οδηγώντας στον σχηματισμό φλωροισοβουτυροφαινόλης. Στη βιοσύνθεση της αντιπερφορίνης, το 2-μεθυλο-βουτυρυλο - συνενζύμο A αντί του ισοβουτυρυλο - συνενζύμου A χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα εκκίνησης. Ο πυρήνας των υπερφορινών στη συνέχεια πρενυλιώνεται σταδιακά, χρησιμοποιώντας ισοπρενοειδή μονάδες, που προέρχονται μέσω μιας μη μεβαλονικής οδού, ως δότες. Το πρώτο στάδιο πρενυλίωσης καταλύεται από μια πρενυλτρανσφεράση χρησιμοποιώντας διφωσφορικό διμεθυλαλλύλιο (DMAPP) ως δότη πρενυλίου. Επιπλέον, δύο μόρια DMAPP και ένα μόριο διφωσφορικού γερανυλίου (GPP) ενώνονται τελικά με τον πυρήνα της ακυλοχλωρογλυκινόλης για να δώσουν υπερφορίνη και αντιπερφορίνη (Karppinen, 2010).



**Εικόνα 6.** Βιοσύνθεση της υπερφορίνης και της αντιπερφορίνης

Η συγκομιδή του φυτού, η ξήρανση και η εκχύλιση θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμείνει η υπερφορίνη σε κατάλληλες ποσότητες στο εκχύλισμα. Παρ όλο που η υπερφορίνη μπορεί να βρεθεί σε ποσότητες 2-5% επί ξηρού και να αυξηθεί σε 6% στο

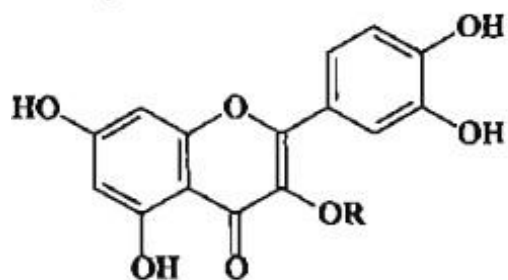
εκχύλισμα, σε ένα εκχύλισμα υπάρχουν πολλές πιθανότητες να μην υπάρχει καθόλου εφόσον δεν έχουν τηρηθεί οι κατάλληλες συνθήκες (Erdelmeier, 1998).

### 3.6.3 Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή είναι μία κατηγορία φυτικών δευτερογενών μεταβολιτών με πολυφαινολική δομή, που απαντώνται ευρέως σε φρούτα, λαχανικά και ορισμένα ποτά. Είναι υπεύθυνα για το χρώμα των φυτών, εκτός του πράσινου. Η παρουσία τους στο φυτό είναι απαραίτητη καθώς προστατεύει το φυτό από παθογόνους μικροοργανισμούς και το ηλιακό φως. Έχουν αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιμεταλλαξιογόνες και αντικαρκινογόνες ιδιότητες, ενώ είναι επίσης γνωστό ότι είναι ισχυροί αναστολείς των ενζύμων. Τα φλαβονοειδή έχουν αρκετές υποομάδες, οι οποίες περιλαμβάνουν τις φλαβόνες, φλαβονόλες, φλαβανόνες, φλαβανονόλες, φλαβανόλες ή κατεχίνες, ανθοκυανίνες και χαλκόνες (Panche, Diwan and Chandra, 2016; Shirley, 1996).

Τα φλαβονοειδή απαντώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο φυτό, στο οποίο η περιεκτικότητα είναι 11,71% στα άνθη και 7,4% στα φύλλα και τους μίσχους. Τα φλαβονοειδή που έχουν βρεθεί ότι περιέχονται στο *H. Perforatum* είναι η υπεροσίδα (0,7%), η ρουτίνη (0,3%), η κερσετίνη (2,0%), η κερσιτρίνη, η ισοκερσιτρίνη, η αιβουλαρίνη, η κουερσιτρίνη, η ημυρισετίνη και η αστιλβίνη (Hara, 2013; Rocha *et al.*, 1995; Greeson, Sanford and Monti, 2001; Zou, Lu and Wei, 2004; Porzel *et al.*, 2014). Η κερσετίνη, 3,3',4',5,7-πενταϋδροξυφλαβόνη, είναι ένα από τα πιο άφθονα φλαβονοειδή που υπάρχουν ως αγλυκόνες και γλυκοζίτες, στα οποία μία ή περισσότερες ομάδες σακχάρου συνδέονται με φαινολικές ομάδες μέσω γλυκοζιδικού δεσμού στη θέση 3. Έχουν βρεθεί περίπου 180 διαφορετικοί γλυκοζίτες της κερσετίνης, με τη ρουτίνη να είναι μία από τις πιο κοινές (Biesaga, Stafiej and Pyrzyńska, 2007; Wach, Pyrzyńska and Biesaga, 2007). Η μικρή ποσότητα ελεύθερης κερσετίνης πιθανότατα προκύπτει από την υδρόλυση των γλυκοζιτών της κερσετίνης κατά την ξήρανση και την επεξεργασία. Η υπεροσίδα, που ονομάζεται επίσης υπερίνη, και η ρουτίνη συνήθως κυριαρχούν στο μείγμα γλυκοζιτών ακολουθούμενη από την ισοκερσιτρίνη και την κουερσιτρίνη (Nahrstedt, 1997).



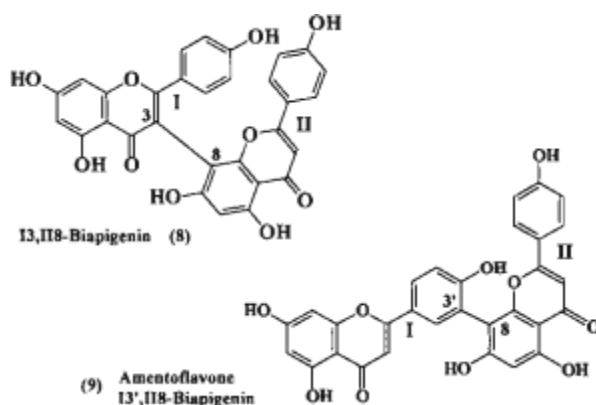


<b>R = H</b>	<b>Quercetin (3)</b>
<b>R = α-L-rhamnosyl</b>	<b>Quercitrin (4)</b>
<b>R = β-D-glucosyl</b>	<b>Isoquercitrin (5)</b>
<b>R = β-D-galactosyl</b>	<b>Hyperoside (6)</b>
<b>R = β-rutinosyl</b>	<b>Rutin (7)</b>

**Εικόνα 7.** Στερεοχημικές δομές των φλαβονοειδών του υπερικού  
Πηγή:(Nahrstedt, 1997)

#### 3.6.4 Διφλαβονοειδή

Τα διφλαβονοειδή είναι μια μορφή φλαβονοειδών. Δύο συστατικά αυτής της σχετικά ασυνήθιστης ομάδας διμερών φλαβονών έχουν ανιχνευθεί στο *H. Perfoliatum*, η 13,118-διαπιγενίνη και αμεντοφλαβόνη (13',118-διαπιγενίνη). Αυτά τα διφλαβονοειδή εμφανίζονται αποκλειστικά στους οφθαλμούς και τα άνθη. Δεν είναι γνωστή μέχρι σήμερα η βιολογική τους δράση αλλά σε πρόσφατες έρευνες βρέθηκε η πιθανή αντικαταθλιπτική δράση της αμεντοφλαβόνης, χωρίς όμως να έχει επιβεβαιωθεί επίσημα (Greeson, Sanford and Monti, 2001).



**Εικόνα 8.** Στερεοχημική δομή των διφλαβονοειδών του υπερικού  
Πηγή:(Greeson, Sanford and Monti, 2001).

### 3.6.5 Λοιπά συστατικά

Άλλες βιοδραστικές ουσίες που απαντώνται στο υπερικό είναι τα φαινυλοπροπάνια. Αυτές οι ενώσεις εμφανίζονται κυρίως ως εστέρες υδροξυκιναμωμικών οξέων, όπως το π-κουμαρικό οξύ και το καφεϊκό οξύ, ενώ το γλωρογενικό οξύ έχει ανιχνευθεί σε συγκεντρώσεις κάτω του 1%. Άλλα τυπικά συστατικά είναι οι ξανθόνες (1,3,6,7-τετραϋδροξυξανθόνη και κιελοκρίνη C, οξέα (ισοβαλεριανικό, νικοτινικό, μυριστικό, παλμιτικό και στεατικό), καροτενοειδή, χολίνη, νικοτιναμίδιο, πηκτίνη, πεκτιτοστερόλη λιπαρά οξέα, αμινοξέα, βιταμίνη C, τανίνες, υδροϋπεροξυκαδιφορίνη (σε μίσχους και φύλλα) και γλυκοσίδες δισανθρακινόνης (Saddiqe, Naeem and Maimoona, 2010).

### 3.7 Φαρμακευτική δράση

Το *Hypericum perforatum* L. είναι ο εκπρόσωπος της οικογένειας Clusiaceae με επιβεβαιωμένα θεραπευτικά αποτελέσματα σε εγκαύματα, μώλωπες, πρήξιμο, άγχος, ήπια έως μέτρια κατάθλιψη, με αντιϊκή, αναλγητική, ηπατοπροστατευτική, αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση, αλλά και στην επούλωση πληγών.

#### 3.7.1 Οξειδωτικό Stress

Το οξειδωτικό στρες (OS) είναι μια από τις πιο αναγνωρισμένες διεργασίες που οδηγεί σε διαφορετικούς παθολογικούς μηχανισμούς όπως ο καρκίνος, ο σακχαρώδης διαβήτης, οι οφθαλμικές παθήσεις, οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες κ.α. Δεδομένου ότι το οξειδωτικό στρες εμπλέκεται στην παθοφυσιολογία της άνοιας και της κατάθλιψης, η μελέτη των Sánchez-Reus *et al.*, (2007) σχεδιάστηκε για να διερευνήσει την προ οξειδωτική δράση της ροτενόνης, τον προστατευτικό ρόλο του τυποποιημένου εκχυλίσματος του *Hypericum perforatum*, καθώς και τα επίπεδα mRNA των αντιοξειδωτικών ενζύμων σε εγκέφαλο αρουραίων μετά από έκθεση σε ροτενόνη και εκχύλισμα του φυτού.

Η θεραπεία με ροτενόνη αύξησε τις δραστηριότητες της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD), της υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης (GPx) και των επιπέδων μηλονοδιαλδεϋδης (MDA). Η περιεκτικότητα σε μειωμένη γλουταθειόνη (GSH) μειώθηκε λόγω της χρόνιας θεραπείας με ροτενόνη. Η θεραπεία με λιποσωμική κερσετίνη είχε ως αποτέλεσμα σημαντική διατήρηση των δραστηριοτήτων των αντιοξειδωτικών ενζύμων και μείωση των επιπέδων mRNA αυτών των αντιοξειδωτικών ενζύμων. Ένας πιθανός μηχανισμός δράσης του εκχυλίσματος του φυτού μπορεί να σχετίζεται με την κερσετίνη για την προστασία των νευρώνων από την οξειδωτική βλάβη.

Επομένως, το τυποποιημένο εκχύλισμα *H. perforatum* θα μπορούσε να είναι μια καλύτερη εναλλακτική λύση για καταθλιπτικούς ηλικιωμένους ασθενείς με εκφυλιστική διαταραχή, όπως το Parkinson και το Alzheimer.

Η νόσος του Πάρκινσον (PD) είναι μια κοινή νευρολογική διαταραχή που ορίζεται από μια προοδευτική απώλεια ντοπαμινεργικών νευρώνων στη μέλαινα ουσία, που τελικά οδηγεί σε μείωση της ντοπαμίνης του ραβδωτού σώματος. Τρέμουλο, άκαμπτοι μύες, βραδυκινησία και σε σπάνιες περιπτώσεις, η αστάθεια είναι συμπτώματα των χαμηλών επιπέδων ντοπαμίνης (Sánchez-Reus *et al.*, 2007). Σύμφωνα με τους Kwon *et al.*, (2019) η υπεροσίδη προστατεύει τους ντοπαμινεργικούς νευρώνες από τον θάνατο μέσω αντιδραστικών διεργασιών μειώνοντας έτσι το οξειδωτικό στρες. Σύμφωνα με μελέτες, η κερσετίνη μπορεί να προστατεύει από την υπερφωσφορύλωση της πρωτεΐνης tau και το οξειδωτικό στρες που προκαλείται από το οκαδαϊκό οξύ (Jiang *et al.*, 2016).

### 3.7.2 Αντιοξειδωτική Δράση

Η αντιοξειδωτική δράση των εκχυλισμάτων *H. perforatum* είναι γνωστή και αναμενόμενη λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε φαινολικές ενώσεις. Αν και έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη στοιχείων για να προσδιοριστεί ποια κατηγορία φαινολικών είναι η πιο υπεύθυνη για την αντιοξειδωτική δράση. Τα φλαβονοειδή παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων. Σύμφωνα με τους Očić *et al.*, (2011) με τη χρήση κλασματοποίησης και ανάλυση LC-MS, αναγνώρισαν ότι οι κατηγορίες ενώσεων υπεύθυνες για την αντιοξειδωτική δράση του *H. Perforatum*, ως επί το πλείστον μπορεί να είναι γλυκοζίτες φλαβονοειδών και φαινολικά οξέα (χλωρογενικό οξύ).

Παρομοίως στην έρευνα των Conforti *et al.*, (2002) τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι τα φλαβονοειδή, και πιο συγκεκριμένα, η κερσετίνη-3-O-γαλακτοσίδη, η καεμπερόλη-3-O-γλυκοσίδη και η (γ)-επικατεχίνη, διαθέτουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Από την άλλη πλευρά, ταυτοποιήθηκε και η αντιοξειδωτική δράση της I3 ,Π8-διαπιγενίνη η οποία έδειξε ισχυρότερη προστασία για τα λιποσώματα έναντι της οξείδωσης, κάτι που δεν είχε μελετηθεί έως τώρα.

### 3.7.3 Αντικαταθλιπτική Δράση

Μέχρι και σήμερα δεν είναι σαφής ο ακριβής μηχανισμός δράσης για την αντικαταθλιπτική ιδιότητα του υπερικού. Αρχικά, οι έρευνες είχαν επικεντρωθεί στην υπερικίνη, ως το βασικό συστατικό του υπερικού που πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνο για τα

αντικαταθλιπτικά αποτελέσματα. Ωστόσο, πειραματικά και κλινικά στοιχεία που έχουν πλέον προκύψει, δείχνουν ότι η υπερφορίνη είναι το κύριο συστατικό, υπεύθυνο για την αντικαταθλιπτική δράση, αν και οι διαφορές στη σχέση δόσης απόκρισης υποδηλώνουν ότι και άλλα συστατικά εμπλέκονται επίσης, όπως οι υπερικίνες και τα διάφορα φλαβονοειδή (Mullaicharam and Halligudi, 2018; Mennini and Gobbi, 2004).

Η σεροτονίνη και η νοραδρεναλίνη είναι δύο από τους κυριότερους νευροδιαβιβαστές στην οδό του πόνου. Πρόκειται δηλαδή για ουσίες που ευθύνονται για τη μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Έχουν πολλές δράσεις στον οργανισμό και ελέγχουν πολλές και διαφορετικές λειτουργίες του όπως το συναίσθημα, το άγχος, την ούρηση, την γαστρεντερική κινητικότητα. Το σπαθόχορτο χρησιμοποιείται σε αρκετά κράτη σαν ήπιο αντικαταθλιπτικό φάρμακο, ανάλογο με τα αντικαταθλιπτικά φάρμακα της κατηγορίας των αναστολέων της επαναπρόσληψης της σεροτονίνης και νορεπινεφρίνης (SNRIs) όπως π.χ. η ντουλοξετίνη ή των εκλεκτικών αναστολέων επαναπρόσληψης σεροτονίνης (SSRIs) όπως η φλουοξετίνη που δρουν αναλγητικά προκαλώντας αύξηση των επιπέδων της σεροτονίνης ή/και της νοραδρεναλίνης αλλά και άλλων αντικαταθλιπτικών ουσιών στο νευρικό σύστημα, όπως του του γλουταμινικού και γ-αμινοβουτυρικού οξέος. Η οξεία επίδραση ακολουθείται από προσαρμοστικές αλλαγές στο σύστημα του υποδοχέα. Ο υποκείμενος μηχανισμός δράσης είναι μοναδικός για την υπερφορίνη, καθώς η ένωση δεν αλληλοεπιδρά απευθείας με τους μεταφορείς των πομπών αλλά αυξάνει την ενδοκυτταρική συγκέντρωση του νατρίου, αναστέλλοντας με αυτόν τον τρόπο, την καθοδηγούμενη επαναπρόσληψη των νευροδιαβιβαστών. Η επίδραση αυτή στο νάτριο έχει αποδοθεί στην ενεργοποίηση μη-εκλεκτικών καναλιών κατιόντων. Σε αντίθεση, τα κοινά αντικαταθλιπτικά, είναι ανταγωνιστικοί αναστολείς είτε ενός είτε το πολύ δύο μεταφορέων, στις θέσεις πρόσδεσης των διαβιβαστών. Έτσι η υπερφορίνη είναι τόσο δομικά όσο και λειτουργικά ένα καινούριο αντικαταθλιπτικό (Beerhues, 2006; Mennini and Gobbi, 2004).

Είναι σημαντικό το γεγονός ότι ενώ τα παρασκευάσματα του φυτού έχουν μεγάλα οφέλη για την ήπια και μέτρια κατάθλιψη, η δράση τους σχετικά με περιπτώσεις σοβαρής κατάθλιψης δεν έχει επιβεβαιωθεί (Mullaicharam and Halligudi, 2018).

#### 3.7.4 Αντιμικροβιακή Δράση

Από έρευνες που έχουν γίνει έχει διαπιστωθεί η αντιβακτηριακή δράση της υπερφορίνης κατά του *Staphylococcus aureus* και των θετικών κατά Gram βακτηρίων, συμπεριλαμβανομένων των *Streptococcus pyogenes* και *Corynebacterium diphtheriae*. Ωστόσο, η δράση της υπερφορίνης παρατηρείται μόνο σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Απεναντίας

η υπερφορίνη δεν εμφάνισε καμία ανασταλτική επίδραση στην ανάπτυξη κατά των Gram αρνητικών βακτηρίων, όπως *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* και *Pseudomonas aeruginosa*, ή έναντι της *Candida albicans* (Silva *et al.*, 2021).

Το αντιβιοτικό δυναμικό της υπερφορίνης μπορεί να εξηγήσει την παραδοσιακή χρήση των σκευασμάτων του υπερικού για την επιφανειακή θεραπεία μολυσμένων πληγών. Επιπλέον, η έντονη αντιφλεγμονώδης δράση της υπερφορίνης μπορεί να βοηθήσει στην θεραπεία φλεγμονωδών δερματικών διαταραχών (Beerhues, 2006).

### 3.7.5 Αντιική δράση

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες έχει βρεθεί και η χρησιμότητα του σπαθόχορτου στην καταπολέμηση των ιών. Τα εκχυλίσματα του φυτού που περιέχουν φλαβονοειδή και κατεχίνες είναι αποτελεσματικά έναντι του ιού της γρίπης. Η υπερικίνη και η ψευδο-υπερικίνη έχει αναφερθεί ότι αναστέλλουν αρκετούς ενθυλακωμένους ιούς, συμπεριλαμβανομένων των τύπων 1 και 2 του ιού του απλού έρπητα και του ιού της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV)- 1, ωστόσο δεν αναστέλλουν τους ιούς χωρίς περίβλημα. Η υπερικίνη είναι πιο αποτελεσματικός αντιικός παράγοντας από την ψευδοϋπερικίνη. Η υπερικίνη απενεργοποιεί τους ιούς με περίβλημα σε διαφορετικά σημεία του ιικού κύκλου ζωής τους, αλλάζοντας τις πρωτεΐνες του ιού και όχι τα νουκλεϊκά οξέα όπως στοχεύουν οι νουκλεοζίτες κατά των ιών. Επιπλέον αναστέλλει την ικανότητα των ιών να συντήκονται με τις κυτταρικές μεμβράνες, γεγονός που μπορεί να εξηγήσει γιατί η υπερικίνη απενεργοποιεί τους ιούς με περίβλημα και όχι τους ιούς χωρίς περίβλημα. Η δράση της υπερικίνης έναντι των ιών σχετίζεται άμεσα με την φωτοενεργοποίησή της.

Η υπερικίνη έχει επίσης αναφερθεί ότι αδρανοποιεί τον κυτταρομεγαλοϊό ποντικού (MCMV), τον ιό Sindbis και τον ιό της λευχαιμίας Ranscher. Όσον αφορά άλλους ιούς, ένα αξιοσημείωτο εύρημα είναι ότι η υπερικίνη αδρανοποίησε πλήρως τον ιό της διάρροιας των βοοειδών (BVDV) *in vitro* παρουσία φωτός. Αντίθετα, έχει διαπιστωθεί ότι η υπερικίνη δεν έχει καμία επίδραση στον ιό της ηπατίτιδας C σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (Klemow *et al.*, 2011; Mullaicharam and Halligudi, 2018).

### 3.7.6 Αντικαρκινική δράση

Η υπερφορίνη είναι ένας πολλά υποσχόμενος νέος αντικαρκινικός παράγοντας. Η υπερφορίνη έχει διερευνηθεί σε ζώα και μελέτες *in vitro* για τις αντικαρκινικές της επιδράσεις. Τα δεδομένα αποκάλυψαν ότι η υπερφορίνη φαίνεται να προκαλεί καταστροφή των καρκινικών κυττάρων μέσω της ενεργοποίησης των μιτοχονδρίων, της απελευθέρωσης του

κυτοχρώματος c και της ενεργοποίησης της κασπάσης, τα οποία με τη σειρά τους πυροδοτούν μονοπάτια κυτταρικού θανάτου. Η υπερφορίνη αποτρέπει και αντιπαραβάλλει την εξάπλωση του καρκίνου και τη μεταστατική ανάπτυξη και αναστέλλει την αγγειογένεση *in vivo*. Ένα συνθετικό παράγωγο υπερφορίνης, η αριστοφορίνη με βελτιωμένες ιδιότητες σταθερότητας και διαλυτότητας βρέθηκε ότι διατηρεί *in vitro* και *in vivo* τις αντικαρκινικές ιδιότητες της υπερφορίνης χωρίς να προκαλεί τοξικότητα (Gartner *et al.*, 2005; Beerhues, 2006; Mullaicharam and Halligudi, 2018).

Η υπερικίνη έχει επίσης διερευνηθεί ως αντικαρκινικός παράγοντας, αναστέλλοντας την ανάπτυξη κυττάρων που προέρχονται από μια ποικιλία νεοπλασματικών ιστών, συμπεριλαμβανομένου του γλοιώματος, του νευροβλαστώματος, του αδενώματος, του μεσοθηλιώματος, του μελανώματος, του καρκινώματος, του σαρκώματος και της λευχαιμίας. Η δράση της υπερικίνης αποδίδεται στις φωτοδυναμικές της ιδιότητες. Η φωτοδυναμική θεραπεία (PDT) είναι μια καθιερωμένη αντικαρκινική θεραπεία που χρησιμοποιεί φωτοτοξίνη(φωτοευαισθητοποιητής), ορατό φως και οξυγόνο, δημιουργώντας ρίζες οξειδίων που σχηματίζουν ρίζες υπεροξειδίου ή υδροξυλίου ή μόρια οξυγόνου που σκοτώνουν τα κύτταρα του όγκου. Με αυτόν τον τρόπο, η υπερικίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό της φωτοδυναμικής θεραπείας (Mullaicharam and Halligudi, 2018; Theodossis A. Theodossiou *et al.*, 2009).

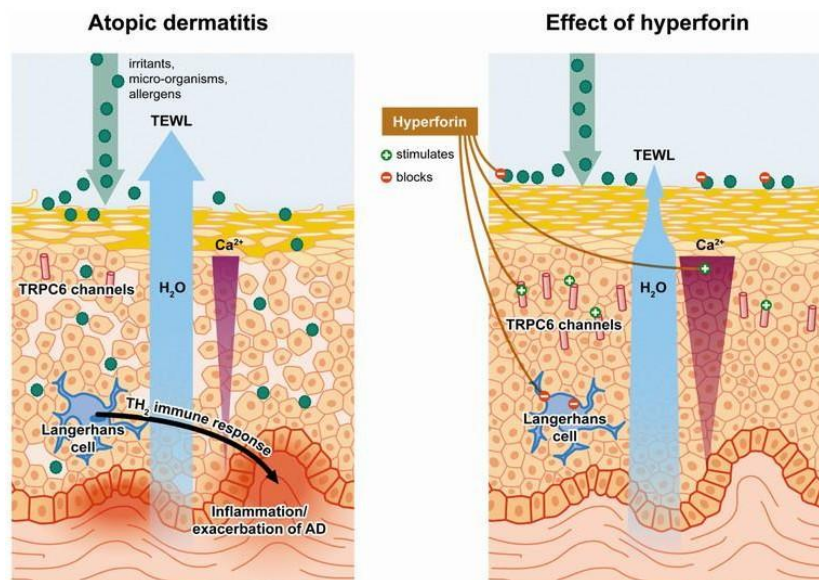
### 3.7.7 Επουλωτική δράση

Η χρήση του υπερικού ως επουλωτικό πληγών γίνεται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Σύμφωνα με την έρευνα των Süntar *et al.* (2010) και βάση των χρωματογραφικών δεδομένων η υπερφορίνη θεωρείται ως το δραστικό συστατικό που ευθύνεται για την επούλωση πληγών του εκχυλίσματος ελαίου.

Οι Öztürk, Korkmaz and Öztürk (2007) ερεύνησαν την επίδραση αιθανολικού εκχυλίσματος υπερικού σε καλλιέργειες εμβρυϊκών ινοβλαστών κοτόπουλου σε σύγκριση με το εκχύλισμα δεξπανθενόλης και *Centella asiatica*. Το εκχύλισμα υπερικού περιείχε μικρές ποσότητες υπερικίνης και ψευδουπερικίνης. Αύξηση της συγκέντρωσης, προκάλεσε αύξηση του συνολικού αριθμού των ινοβλαστών. Ο αριθμός των κόκκων κολλαγόνου στους ινοβλάστες επίσης αυξήθηκε. Η ποσοτική σύγκριση των επιδράσεων των τριών ουσιών δοκιμής έδειξε ότι και τα δύο φυτικά εκχυλίσματα θα μπορούσαν να προάγουν την επισκευή του τραύματος μάλλον με τη διέγερση της παραγωγής κολλαγόνου και τη μετανάστευση των ινοβλαστών παρά με την αύξηση του πολλαπλασιασμού των μιτωτικών κυττάρων, όπως είναι χαρακτηριστικό για τη δεξπανθενόλη. Επομένως η δράση του συνίσταται στην αυξημένη

παραγωγή κολλαγόνου ακολουθούμενη από την ενεργοποίηση κυττάρων υπεύθυνων για το κλείσιμο του τραύματος.

Η επίδραση του υπερικού δεν περιορίζεται στην πολλαπλασιαστική φάση της επούλωσης του τραύματος, αλλά βελτιώνει επίσης την επιδερμίδα, όταν είναι πρόσφατα αναπλασμένη μετά από τραυματισμό ή όταν έχει λειτουργική βλάβη από ασθένειες όπως η ατοπική δερματίτιδα και η ψωρίαση (Wölfle, Seelinger and Schempp, 2014).



**Εικόνα 9.** Δράση υπερφορίνης στο δέρμα.  
Πηγή: (Wölfle, Seelinger and Schempp, 2014)

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε ποντίκια με εγκαύματα δευτέρου βαθμού, έδειξε ότι η χορήγηση τέσσερις φορές την ημέρα από το εκχύλισμα του υπερικού είχε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα στην επούλωση των τραυμάτων, εντός 24ώρου, συγκριτικά με θεραπεία με νιτροφουραζόνη (Kotsiou A and Tesseromatis C, 2020).

### 3.7.8 Άλλες δράσεις

Η κατάθλιψη και ο αλκοολισμός πιστεύεται ότι έχουν κάποιες νευροχημικές ομοιότητες, όπως οι χαμηλές συγκεντρώσεις σεροτονίνης στον εγκέφαλο. Σύμφωνα με την έρευνα των Rezvani *et al.* (1999) σε δύο διαφορετικά στελέχη αρουραίων - υψηλής ακινησίας στο τεστ αναγκαστικής κολύμβησης όσο και υψηλής εθελοντικής πρόσληψης αιθανόλης και αρουραίους που πίνουν πολύ αλκοόλ (Rezvani, Parsian and Overstreet, 2002) - η από του στόματος χορήγηση μιας εφάπαξ δόσης υπερικού (5 ml/kg) μείωσε σημαντικά την πρόσληψη αλκοόλ και στα δύο στελέχη.



Ο σακχαρώδης διαβήτης είναι μια πολύ συχνή χρόνια νόσος με προοδευτικά αυξανόμενο επιπολασμό. Εκτός από τη γνωστή αυτοάνοση και φλεγμονώδη παθογένεση του διαβήτη τύπου 1, σε πολλούς ανθρώπους, οι μεταβολικές αλλαγές και ο ακατάλληλος τρόπος ζωής ευνοούν μια λεπτή χρόνια φλεγμονώδη κατάσταση που συμβάλλει στην ανάπτυξη αντίστασης στην ινσουλίνη και προοδευτική απώλεια της λειτουργίας και της μάζας των β-κυττάρων, με αποτέλεσμα τελικά μεταβολικό σύνδρομο ή φανερό διαβήτη τύπου 2. Το υπερίκο έχει αποδειχθεί ότι προλαμβάνει τις διαβητικές επιπλοκές, πιθανότατα μέσω των αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων του.

Στην πραγματικότητα, καθώς η φλεγμονή και το οξειδωτικό στρες παίζουν βασικό ρόλο στην έναρξη και την εξέλιξη της διαβητικής νεφροπάθειας, σε διαβητικούς αρουραίους με στρεπτοζοτοκίνη-νικοτιναμίδη (STZ-NA), η χορήγηση εκχυλίσματος SJW απέτρεψε νεφρικές λειτουργικές και δομικές αλλοιώσεις. Το υπερίκο έχει την ικανότητα επίσης να ρυθμίζει την αντίληψη του πόνου για το λόγο αυτό, έχουν γίνει έρευνες σχετικά με την επώδυνη διαβητική περιφερική νευροπάθεια, μια άλλη συχνή επιπλοκή αυτής της νόσου. Η χορήγηση εκχυλίσματος υπερίκου για μία εβδομάδα (125 και 250 mg/kg) προκάλεσε εξασθένηση της μηχανικής υπεραλγησίας σε διαβητικούς ποντικούς.

Επιπλέον, τοπική χορήγηση εκχυλισμένου μείγματος υπερίκου και ινδικής πασχαλιάς βελτίωσε σαφώς τα διαβητικά έλκη ποδιού σε έναν ασθενή με σοβαρό διαβήτη, βελτιώνοντας παράλληλα τον μεταβολικό έλεγχο (Novelli *et al.*, 2020).

Εκτός από τη θεραπευτική του χρήση, έχει χρησιμοποιηθεί και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή κίτρινης και κόκκινης βαφής που προοριζόταν για το χρωματισμό μάλλινων και μεταξωτών νημάτων, ενώ αποτελούσε βασικό συστατικό στη διαδικασία ταρίχευσης των νεκρών.

### 3.8 Παρενέργειες και Τοξικότητα

Το σπαθόχορτο παρουσιάζει κάποιες ανεπιθύμητες ενέργειες οι οποίες είναι ελαφριές και αναστρέψιμες όταν χορηγηθεί στη δοσολογία που καθορίζεται κάθε φορά για κάθε φαρμακευτικό σκεύασμα. Οι πιο συχνές από αυτές είναι: κόπωση, γαστρεντερικά συμπτώματα, ξηροστομία, ζάλη και σύγχυση. Η φωτοευαισθησία είναι εξαιρετικά σπάνια και συνήθως αναφέρεται μετά από υψηλές δόσεις, όπως και οι κρίσεις μανίας σε διπολικά άτομα. Στις περισσότερες έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι η χρήση του υπερίκου έναντι των εμπορικών αντικαταθλιπτικών φαρμάκων προκαλεί σημαντικά λιγότερες ανεπιθύμητες ενέργειες.

Συστήνεται η αποφυγή της λήψης σπαθόχορτου όταν ο/η ασθενής εκτίθεται για πολλές ώρες στον ήλιο. Επίσης, καλό είναι να μη χορηγείται κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης ή της

γαλουχίας λόγω της έλλειψης δεδομένων της τοξικότητας. Ακόμη να αποφεύγεται η χορήγησή του σε μικρά παιδιά (Mullaicharam and Halligudi, 2018; Greenson, Sanford and Monti, 2001). Όταν η χρήση του είναι αποκλειστική και δεν συνδυάζεται με άλλα φάρμακα το υπερικό έχει ένα προφίλ ασφάλειας. Ωστόσο, πολυάριθμες αναφορές δείχνουν την πιθανότητασημαντικών αλληλεπιδράσεων με συνταγογραφούμενα (placebo) φάρμακα. Το υπερικό έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τη συγκέντρωση στο πλάσμα (ή/και τη φαρμακολογική επίδραση) ενός αριθμού φαρμάκων, όπως αλπραζολάμη, αμιτριπυλίνη, κυκλοσπορίνη, διγοξίνη, φεξοφεναδίνη, ινδιναβίρη, ιρινοτεκάνη, μεθαδόνη, νεβιραπίνη, σιμβαστατίνη, τακρόλιμους, θεοφυλλίνη, βαρολίνη και την χρήση αντισυλληπτικών. Ορισμένες από αυτές τις αλληλεπιδράσεις μπορεί να έχουν σοβαρές κλινικές συνέπειες (Izzo, 2004). Όταν συνδυάζεται με έναν αναστολέα επαναπρόσληψης σεροτονίνης, αντικαταθλιπτικά (π.χ. σεραταλίνη, παροξετίνη, νεφαζοδόνη) ή βουσπιρόνη, το υπερικό μπορεί να προκαλέσει σεροτονινικό σύνδρομο. Πρόκειται για ένα εξαιρετικά σπάνιο σύνδρομο το οποίο όμως κάποιος πρέπει να γνωρίζει για να το διαγνώσει σωστά, και περιλαμβάνει σύγχυση, πυρετό, διέγερση, ταχυκαρδία, ρίγη, ιδρώτες, διάρροια και μυϊκούς σπασμούς. Παρέρχεται με την διακοπή των κατάλληλων φαρμάκων (Henderson *et al.*, 2002).

### 3.9 Φαρμακοκινητική και δοσολογία

Η τυπική δοσολογία ανά ημέρα των τυποποιημένων σκευασμάτων εκχυλίσματος του υπερικού κυμαίνονται από 500 έως 1200mg για την αντιμετώπιση της ήπιας και μέτριας κατάθλιψης. Η συνήθως συνιστώμενη δοσολογία είναι 900mg ημερησίως και θεωρείται σύμφωνα με τα ευρήματα επαρκής για την βελτίωση των συμπτωμάτων κατάθλιψης. Η δοσολογία συνήθως διαιρείται και χορηγείται σε δύο ή τρεις δόσεις κατά της διάρκειας της ημέρας. Για την εκδήλωση του πλήρους κλινικού αντικαταθλιπτικού αποτελέσματος απαιτούνται συνήθως 2 έως 4 εβδομάδες (ΠΑΠΠΑ, 2006; Kerb *et al.*, 1996; Kasper *et al.*, 2006; Stevinson and Ernst, 1999; Johnne *et al.*, 1999; Miller, 2001).

Φαρμακοκινητικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί με το τυποποιημένο με υπερικίνη εκχύλισμα είχαν ως αποτέλεσμα τη μέγιστη συγκέντρωση υπερικίνης στο πλάσμα 1,5, 7,5 και 14,2 ng/mL, αντίστοιχα για τις τρεις δόσεις. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις στο πλάσμα παρατηρήθηκαν μετά από 2,0 έως 2,6 ώρες και με ψευδουπερικίνη μετά από 0,4 έως 0,6 h. Ο χρόνος ημιζωής αποβολής της υπερικίνης ήταν μεταξύ 24,8 και 26,5 ωρών. Επαναλαμβανόμενες δόσεις των 300 mg, τρεις φορές την ημέρα οδήγησαν σε συγκεντρώσεις σταθερής κατάστασης μετά από τέσσερις ημέρες.

Άλλη έρευνα στην οποία χρησιμοποιήθηκαν εκχυλίσματα υπερίκου, έδειξε μέγιστες συγκεντρώσεις υπερφορίνης στο πλάσμα των 150 ng/mL που έφτασαν 3,5 ώρες μετά τη χορήγηση. Ο χρόνος ημίσειας ζωής της αποβολής ήταν 9 ώρες. Μετά από επαναλαμβανόμενες δόσεις των 300 mg τρεις φορές την ημέρα, οι εκτιμώμενες συγκεντρώσεις υπερφορίνης πλάσματος σε σταθερή κατάσταση ήταν 100 ng/mL (Joanne Barnes, Linda A., 2001).

### 3.10 Εκχύλιση φαρμακευτικών φυτών

Τα φαρμακευτικά φυτά έχουν μεγάλη σημασία λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, ως πηγή βιοδραστικών ουσιών που μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη νέων φαρμάκων. Η σωστή προετοιμασία των φαρμακευτικών φυτών είναι το κλειδί για την επίτευξη ποιοτικών ερευνητικών αποτελεσμάτων. Τα κύρια στάδια που περιλαμβάνονται στην απόκτηση των ποιοτικών βιοδραστικών συστατικών είναι η επιλογή του κατάλληλου διαλύτη, οι μέθοδοι εκχύλισης, οι διαδικασίες φυτοχημικής διαλογής, οι μέθοδοι κλασματοποίησης και οι τεχνικές ταυτοποίησης.

Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει την εκχύλιση και κατόπιν τον προσδιορισμό της ποιότητας και της ποσότητας των βιοδραστικών συστατικών πριν προχωρήσουμε στην προβλεπόμενη βιολογική δοκιμή. Για τον λόγο αυτό η κατάλληλη επιλογή της μεθόδου εκχύλισης παίζει σημαντικό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα. Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται συνήθως στην εκχύλιση φαρμακευτικών φυτών είναι πολικοί διαλύτες (π.χ. νερό, αλκοόλες), ενδιάμεσοι πολικοί (π.χ. ακετόνη, διχλωρομεθάνιο) και μη πολικοί (π.χ. n-εξάνιο, αιθέρας, χλωροφόρμιο). Γενικά, οι διαδικασίες εκχύλισης περιλαμβάνουν διαβροχή, πέψη, αφέψημα, έγχυση, διήθηση, εκχύλιση Soxhlet, επιφανειακή εκχύλιση, υποβοηθούμενη με υπερήχους και εκχυλίσματα με τη βοήθεια μικροκυμάτων (Azwanida NN, 2015; Poojar *et al.*, 2017).

Έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές μέθοδοι για την εκχύλιση δραστικών ενώσεων από το *H. perforatum*, όπως διαβροχή, με και χωρίς υπερήχους, εκχύλιση Soxhlet, επιταχυνόμενη εκχύλιση με διαλύτη, εκχύλιση υπό πίεση νερού και εκχύλιση υπερκρίσιμου υγρού (Smelcerovic, Spiteller and Zuehlke, 2006), καθώς το υπερίκο εμφανίζει ορισμένα προβλήματα στην εκχύλιση του. Τα συστατικά του φυτού είναι ασταθή και υποβαθμίζονται κατά την αποθήκευση ή την εκχύλιση υπό την επίδραση εξωτερικών παραγόντων (φως, θερμοκρασία, οξυγόνο), μειώνοντας την φαρμακολογική δράση του (Temerdashev *et al.*, 2020).

Επομένως καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος εκχύλισης ιδανική για κάθε φυτό. Η επιλογή των μεθόδων προετοιμασίας (άλωση και ξήρανση) και εκχύλισης εξαρτάται από το δείγμα και τους στόχους της μελέτης (Azwanida

NN, 2015).



## 4 Κεφάλαιο 4: Παγκόσμια αγορά

### 4.1 Αρτοσκευάσματα

Τα προϊόντα αρτοποιίας και



Source : Mordor Intelligence



**Εικόνα 10.** Ρυθμός ανάπτυξης προϊόντων αρτοποιίας κατά την περίοδο πρόβλεψης 2023-2028. Πηγή: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bakery-products-market>

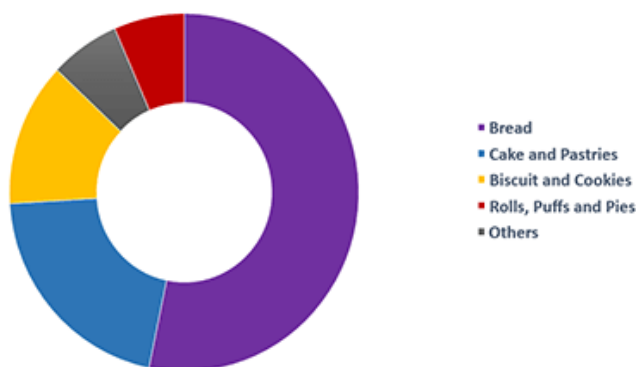
ιδιαίτερα ο άρτος αποτελούν βασική διατροφή για τους ανθρώπους σε όλο τον κόσμο εδώ και αιώνες. Η ευκολία, η προσβασιμότητα και το διατροφικό προφίλ που συνδέονται με αυτά είναι οι σημαντικοί παράγοντες που έχουν διατηρήσει αυτά τα προϊόντα στη σύγχρονη αγορά. Τα προϊόντα αρτοποιίας περιλαμβάνονται στην καθημερινή διατροφή των ανθρώπων όχι μόνο στις ανεπτυγμένες οικονομίες αλλά και στις υπανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες οικονομίες. Η παγκόσμια αγορά αρτοποιίας αναμένεται να καταγράψει ρυθμό ανάπτυξης 3,8%, κατά την περίοδο πρόβλεψης, 2023-2028 (Εικ. 10). Η σταδιακά αυξανόμενη προτίμηση για

«έτοιμα» τρόφιμα, κυρίως λόγω της αλλαγής του τρόπου ζωής των ανθρώπων, κλιμακώνει τη ζήτηση για προϊόντα αρτοποιίας παγκοσμίως. Ένα ευρύ φάσμα προϊόντων αρτοποιίας πωλείται ήδη στην αγορά, ενώ συνεχόμενη είναι η παρασκευή καινοτόμων προϊόντων

αρτοποιίας που ταιριάζουν στη ζήτηση διαφορετικών τμημάτων των καταναλωτών. Για παράδειγμα, στα προϊόντα αρτοποιίας όπως τα μπισκότα ή τα κέικ γίνεται τροποποίηση της κλασικής τυποποίησης, παράγοντας προϊόντα «ειδικά» για να ανταποκρίνονται στον μεταβαλλόμενο τρόπο ζωής και τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Σύμφωνα με το περιοδικό Food and Council (2021) ειδικά μετά το ξέσπασμα του covid-19, ένας στους πέντε καταναλωτές στράφηκε στην αναζήτηση πιο υγιεινών συνηθειών. Η τάση ανάπτυξης υγιών εναλλακτικών προϊόντων είναι δυνατή λόγω της προσθήκης ινών, των γλυκαντικών ουσιών χαμηλών θερμίδων, του σιταριού ολικής αλέσεως, κ.λπ., κάτι που αυξάνει το θρεπτικό τους επίπεδο. Η ενσωμάτωση λειτουργικών συστατικών, όπως ω-3 λιπαρά οξέα, προβιοτικά, πολυβιταμίνες και φυτοστερόλες σε προϊόντα αρτοποιίας, προσδίνει επιπρόσθετη θρεπτική αξία (Mordor Intelligence, no date a.; Mordorintelligence, no date).

## Global Bakery Ingredients Market

Market Share by Application (%)



www.expertmarketresearch.com

**Εικόνα 11.** Συστατικά Αρτοποιίας: Τμηματοποίηση αγοράς  
Πηγή: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/bakery-ingredients-market>

συσκευασμένη/χειροτεχνική. Ανά τύπο προϊόντος, η αγορά χωρίζεται σε cupcakes, κέικ επιδορπίων, cheesecakes, παντεσπάνια και άλλα κέικ. Ανά κανάλι διανομής, η αγορά κατηγοριοποιείται σε σούπερ μάρκετ/υπερμάρκετ, εξειδικευμένα καταστήματα, ψιλικατζίδικα, ηλεκτρονικά καταστήματα λιανικής και άλλα κανάλια διανομής.

### 4.2 Σκευάσματα με υπερίκο

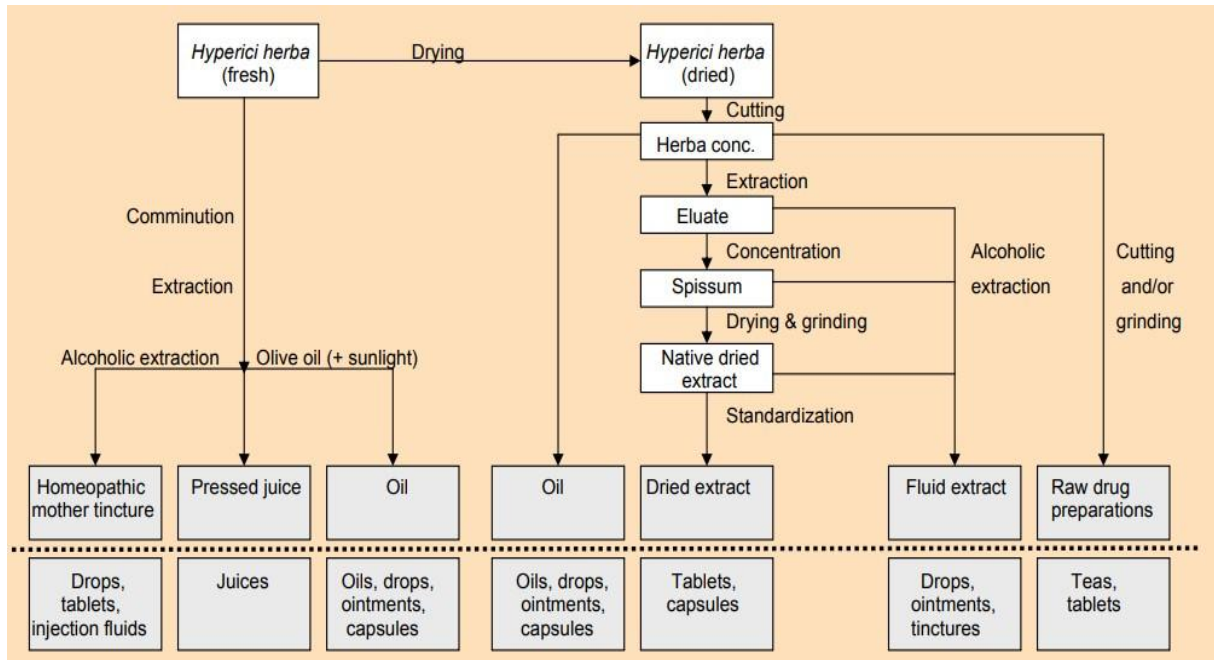
Η δημοτικότητα των προϊόντων ή των συμπληρωμάτων διατροφής που περιέχουν βοτανικά συστατικά συνεχίζει να αυξάνεται, σύμφωνα με στοιχεία έρευνας αγοράς από τις ΗΠΑ. Για το έτος 2016, οι εκτιμώμενες λιανικές πωλήσεις ανήλθαν σε περισσότερα από 7,4 δισεκατομμύρια δολάρια, μια σημαντική αύξηση σε σύγκριση με τα στοιχεία του 2006 και του 2011 (4,6 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ και 5,3 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ, αντίστοιχα). Τα προϊόντα που περιέχουν υπερίκο παραμένουν μεταξύ των πιο δημοφιλών φυτικών προϊόντων (Barnes, Arnason and Roufogalis, 2019). Με βάση τα νέα δεδομένα η αγορά αναμένεται να σημειώσει εντυπωσιακή άνοδο μέχρι το 2029, επηρεαζόμενη σε μεγάλο βαθμό και από τα χρόνια της πανδημίας.

Στις περισσότερες χώρες, τα προϊόντα διατίθενται στο εμπόριο ως συμπληρώματα. Εντός της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, τα προϊόντα είναι διαθέσιμα τόσο ως συμπληρώματα διατροφής όσο και ως φάρμακα. Στην Ευρώπη οι μεγαλύτεροι αγοραστές είναι η Γερμανία, η Ρωσία και η Πολωνία (Barnes, Arnason and Roufogalis, 2019).

Από φρέσκο φυτικό υλικό παρασκευάζονται ομοιοπαθητικά μητρικά βάμματα, συμπιεσμένοι χυμοί ή έλαια. Η πλειονότητα των φαρμάκων που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία της κατάθλιψης είναι αποξηραμένα εκχυλίσματα που έχουν υποστεί μια πολύπλοκη και εξαιρετικά περίπλοκη διαδικασία παρασκευής.



Το φυτό όπως τα περισσότερα βότανα συνηθίζεται σήμερα όπως και στο παρελθόν να παρασκευάζεται και να χρησιμοποιείται με διάφορους τρόπους και μορφές: σε ξηρά ή νωπή μορφή, ως υγρό εκχύλισμα, σε μορφή ταμπλέτας ή κάψουλας, ως βάμμα, ρόφημα ή αφέψημα καθώς και με την μορφή ελαίων ή αλοιφών ανάλογα με την περιοχή, την εποχή και τη θεραπευτική χρήση. Είναι προφανές ότι ανάλογα με τη διαδικασία παρασκευής οι ενώσεις που περιέχονται στα σκευάσματα ποικίλλουν σε ποιότητα και ποσότητα όπως φαίνεται στην Εικ. 12 (Linde, 2009; ΠΑΠΠΑ, 2006).



**Εικόνα 12.** Σκευάσματα του υπερικού μετά από επεξεργασία του φυτού  
Πηγή:(Linde, 2009)

## 5 Κεφάλαιο 5: Γλυκά αρτοσκευάσματα

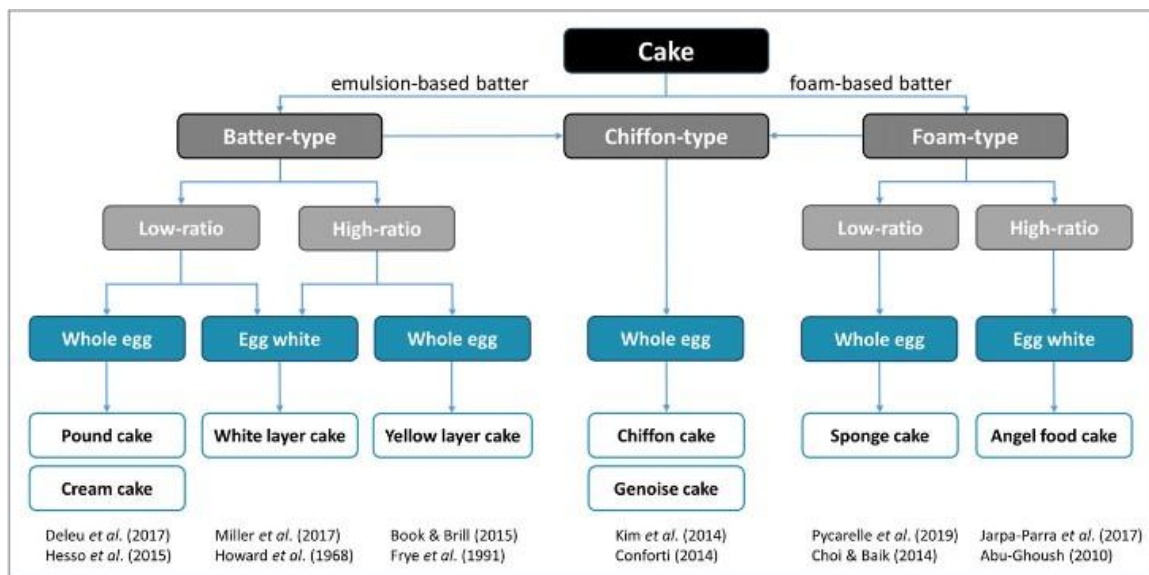
Τα προϊόντα αρτοποιίας αποτελούν σημαντικό μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής και χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλομορφία. Περιλαμβάνουν αγαθά όπως άρτος και κουλούρια, γλυκά προϊόντα όπως τηγανίτες, ντόνατς, βάφλες, κέικ και μπισκότα και γεμιστά προϊόντα όπως πίτες φρούτων και κρέατος, ρολά λουκάνικων,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

### 5.1 Τεχνολογία παρασκευής κέικ

Τα κέικ είναι εμπλουτισμένα προϊόντα καθώς περιέχουν, εκτός από το αλεύρο, σχετικά υψηλές ποσότητες ζαχάρους, λίπους, αυγών, γάλακτος και γευστικών οσμηρών και αρωματικών ενώσεων. Τα κέικ έχουν γλυκιά γεύση, τρυφερή υφή και ευχάριστη οσμή. Δεν υπάρχει σαφής και ακριβής ορισμός των κέικ λόγω της μεγάλης ποικιλίας και του ευρέως φάσματος των χρησιμοποιούμενων συστατικών. Παρ' όλα αυτά, όμως, τα κέικ μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα κέικ τα οποία βασίζονται στο λίπος και τα κέικ τα οποία βασίζονται στην παρασκευή αφρού. Επεκτείνοντας τη διάκριση, τα κέικ μπορούν να καταταγούν στα κέικ με λίπος (shortened cakes), τα κέικ χωρίς λίπος (unshortened cakes), τα κέικ αφρού (foam cakes) και τα ενδιάμεσα κέικ (chiffon cakes). Στα κέικ τα οποία βασίζονται στο λίπος, η δομή της ψίχας προκύπτει από το γαλάκτωμα λίπους-υγρού, το οποίο δημιουργείται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του λεπτόρρευστου ζυμαριού. Στα κέικ τύπου αφρού (παντεσπάνια), η δομή και ο όγκος εξαρτώνται κυρίως από τις αφριστικές ιδιότητες και τις ιδιότητες αερισμού των αυγών (Conforti, 2014; Lazos E. & Lazou A., 2016a; Godefroidt *et al.*, 2019).

Μία ακόμη διάκριση των κέικ βασίζεται στην περιεκτικότητα της ζάχαρης. Τα κέικ μπορούν να χαρακτηρισθούν ως κέικ υψηλής ή χαμηλής αναλογίας (high ratio or low ratio). Τα κέικ υψηλής αναλογίας έχουν περιεκτικότητα ζαχάρους, η οποία υπερβαίνει αυτήν του αλεύρου ενώ τα κέικ χαμηλής αναλογίας περιέχουν ένα μικρότερο ή ίσο επίπεδο σακχάρου

και αλεύρου (Conforti, 2014; Wilderjans *et al.*, 2013). Στην Εικ. 13 φαίνονται μερικά είδη κέικ.



**Εικόνα 13.** Ταξινόμηση τύπων κέικ  
Πηγή: (Godefroidt *et al.*, 2019)

### 5.1.1 Ανάμιξη συστατικών και σχηματισμός ζυμαριού

Η διαδικασία και οι μέθοδοι ανάμιξης είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία στην παρασκευή αρτοσκευασμάτων διαφέροντας σημαντικά την κατηγορία του τελικού προϊόντος. Η ποιότητα του κέικ εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η επιλογή των συστατικών και η γνώση των ιδιοτήτων τους και η χρήση μιας ισορροπημένης τυποποίησης που ενσωματώνει ακριβή ζύγιση των συστατικών και βέλτιστες διαδικασίες ανάμιξης και ψησίματος. Οι κύριες παράμετροι της διαδικασίας περιλαμβάνουν τον όγκο παρτίδας, τον εξοπλισμό και τη μέθοδο ανάμιξης. Υπάρχουν τρεις κύριοι στόχοι της ανάμιξης του ζυμαριού για κέικ: να συνδυαστούν όλα τα συστατικά ώστε να επιτύχουμε ένα ομοιόμορφο ζυμάρι, να γίνει σωστή ενσωμάτωση του αέρα στο ζυμάρι και να αναπτυχθεί η σωστή υφή στο τελικό προϊόν (Rodríguez-García, Sahi and Hernando, 2014).

#### 5.1.1.1 Μέθοδοι ανάμιξης

Οι πιο σύνηθες μέθοδοι ανάμιξης για την παρασκευή των κέικ είναι του ενός σταδίου ή των πολλαπλών σταδίων ανάλογα με τον μηχανισμό της ενσωμάτωσης του αέρα. Κύριος στόχος του σταδίου της αναμίξεως είναι να συνενώσει όλα τα συστατικά προς ένα λείο, ομοιόμορφο ζυμάρι και να σχηματιστεί ένα σταθερό γαλάκτωμα, το οποίο περιέχει δύο κύρια συστατικά λίπος και νερό. Στα κέικ τύπου κουρκούτι ή υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος, οι συνηθέστερες μέθοδοι ανάμιξης είναι της κρεμοποίησης (sugar batter method), του ζυμαριού

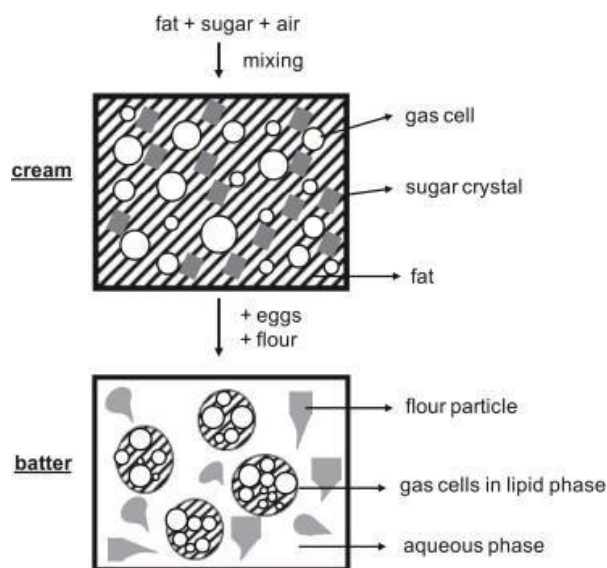
– αλεύρου (flour batter method), του ενός σταδίου (single-stage method), η μέθοδος γαλακτώματος και η συνεχής μέθοδος.

Η μέθοδος της κρεμοποίησης ξεκινά αρχικά με την ανάμιξη του λίπους με την κρυσταλλική ζάχαρη σε αργή έως μέτρια ταχύτητα ανάμειξης μέχρι να αναμειχθούν καλά τα συστατικά και να αεριστεί το μείγμα. Αυτό το στάδιο ακολουθεί η ενσωμάτωση των αυγών, ενώ συνεχίζεται η δράση της κρέμας. Η ανάμειξη ολοκληρώνεται με την προσθήκη γάλακτος και αλευριού σε μικρές ποσότητες εναλλάξ. Μεταξύ των

σημαντικότερων πλεονεκτημάτων της μεθόδου της κρεμοποίησης είναι η ενσωμάτωση μεγάλων όγκων αέρα με τη

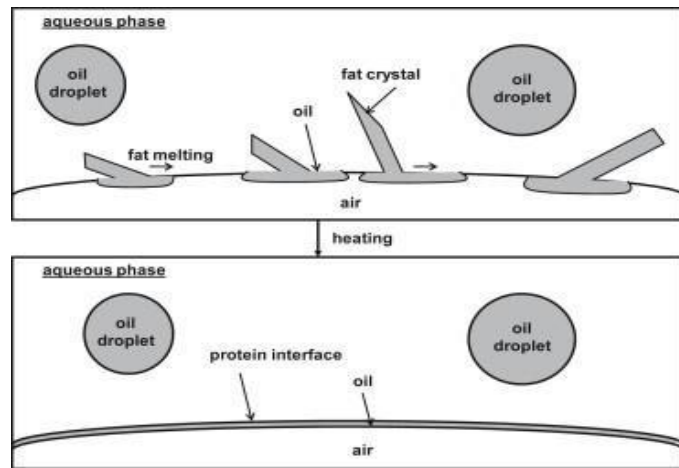
μορφή μικροσκοπικών κυττάρων στη λιπαρή φάση και η επικάλυψη από το λίπος του αλευριού και της ζάχαρης που καθυστερεί την αντίστοιχη ενυδάτωση και διαλυτοποίησή τους, ενώ δεν αναπτύσσεται το πλέγμα της γλουτένης. Ο χρόνος ανάμειξης παίζει σημαντικό ρόλο. Η υπερβολική ανάμειξη θα προκαλέσει απώλεια αέρα και βαρύ κέικ. Το γάλα δεν πρέπει να προστεθεί πολύ γρήγορα καθώς θα προκαλέσει πήξη του κουρκουτιού και αναστροφή του γαλακτώματος σε γαλάκτωμα νερό σε λάδι, ενώ για την προσθήκη του αλεύρου απαιτούνται μικρές ταχύτητες ανάμειξης (Wilderjans *et al.*, 2013; Lazos E. & Lazou A., 2016a; Godefroidt *et al.*, 2019; Process, 2000).

Κατά την μέθοδο του ζυμαριού με αλεύρι, το λίπος και το αλεύρι κρεμοποιούνται σε μια αφράτη μάζα σε χαμηλή ταχύτητα, ενώ τα αυγά και η ζάχαρη χτυπιούνται ταυτόχρονα σε υψηλή ταχύτητα σε ξεχωριστό δοχείο. Στη συνέχεια, ο αφρός ζάχαρης-αυγού συνδυάζεται με το μείγμα αλευριού και μετά το γάλα προστίθεται σταδιακά σε μικρές ποσότητες. Αυτή η μέθοδος επιτυγχάνει πλήρη διασπορά του λίπους σε όλο το ζυμάρι και παράγει εξαιρετικά λεπτόκοκκο και ομοιόμορφη υφή ζυμάρι. Υψηλότερα επίπεδα ζάχαρης και υγρών είναι δυνατά από ό,τι με τη μέθοδο της κρεμοποίησης, ωστόσο, ενσωματώνεται λιγότερος αέρας, με αποτέλεσμα χαμηλότερο όγκο κέικ και έντονη ανάπτυξη γλουτένης (Wilderjans *et al.*, 2013).



**Εικόνα 14.** Ανάμιξη πολλαπλών σταδίων, μέθοδος κρεμοποίησης  
Πηγή: (Lazos E. & Lazou A., 2016a; Wilderjans *et al.*, 2013)

Στη μέθοδο ενός σταδίου, όλα τα κύρια συστατικά εισάγονται στο δοχείο ανάμειξης ταυτόχρονα και ενσωματώνονται σε μια ομοιογενή μάζα με χαμηλή ή μεσαία ταχύτητα. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν προστίθεται γαλακτωματοποιητής και βασίζεται στην προσρόφηση κρυστάλλων λίπους σε φυσαλίδες αέρα κατά τη διάρκεια της ανάμειξης δημιουργώντας ένα συνεχές



**Εικόνα 15.** Χημική αναπαράσταση της τήξης του λίπους κατά το ψήσιμο κέικ τύπου ζυμαριού που παρασκευάζονται με τη διαδικασία ανάμειξης ενός σταδίου. Πηγή:(Wilderjans et al., 2013)

πρωτεϊνικό στρώμα μεταξύ της διεπιφάνειας αέρα-νερού και των κρυστάλλων λίπους (Wilderjans *et al.*, 2013; Godefroidt *et al.*, 2019)

### 5.1.2 Διαίρεση ζυμαριού

Η διαίρεση του ζυμαριού έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μικρότερων ισοβαρών κομματιών ζυμαριού και εναπόθεσή του σε φόρμες. Γενικά, η διαίρεση πραγματοποιείται εντός του συντομότερου δυνατού χρόνου. Αυτό απαιτείται, καθώς οι διογκωτικές ύλες, αφότου εισέλθουν στο διάλυμα μέσω της ανάμιξης, αρχίζουν να αντιδρούν και να εκλύουν διοξείδιο του άνθρακα. Στα περισσότερα ρευστά ζυμάρια, το αέριο τείνει να κινείται προς τα πάνω, ενώ οι μικρές φυσαλίδες συνενώνονται προς μεγαλύτερες και αναπόφευκτα διαφεύγουν του ζυμαριού. Το κόψιμο του ζυμαριού επίσης βοηθά στο να δοθεί ένα αρχικό σχήμα στο εκάστοτε αρτοσκεύασμα. Επί του παρόντος σε βιομηχανικό επίπεδο, αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται από αυτοματοποιημένα μηχανήματα (Gobbetti and Gänzle, 2013, Stauffer, 1993, Lazos E. & Lazou A., 2016a)

### 5.1.3 Κλιβανισμός

Ο κλιβανισμός είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Όλοι οι τύποι των κέικ πρέπει να ψηθούν σε μια κατάλληλη θερμοκρασία, η οποία θα συνάπτει με τη φύση των συστατικών, το σχήμα και το μέγεθος των κέικ. Οι βέλτιστες συνθήκες κλιβανισμού των κέικ καθορίζονται από διάφορους παράγοντες όπως το επίπεδο των γλυκαντικών στο μίγμα, το ποσό του γάλακτος, η ρευστότητα του ζυμαριού, το μέγεθος της φόρμας κλπ. Γενικώς, τα ζυμάρια με υψηλής περιεκτικότητας ζάχαρης χρειάζονται χαμηλότερες θερμοκρασίες κλιβανισμού από ό,τι τα πιο λιτά ζυμάρια.

Η διαδικασία κλιβανισμού των κέικ μπορεί να χωρισθεί σε τρία βασικά στάδια:

**1. Διόγκωση (Rising):** Καθώς η θερμοκρασία του μείγματος κέικ αυξάνεται, οι κυψελίδες του αερίου διογκώνονται και το χημικό διογκωτικό μέσο, εφ' όσον υπάρχει, εκλύει διοξείδιο του άνθρακα (π.χ. baking powder). Αν πρόκειται για οικιακή παραγωγή, η ανομοιόμορφη θέρμανση του υγρού ζυμαριού του κέικ μπορεί να προκαλέσει σημαντική μεταφορά (κίνηση) του υλικού, μέχρι να αρχίσει να πήζει. Αυτό βεβαίως δεν συμβαίνει κατά την εμπορική παραγωγή των κέικ, καθώς γίνεται προσθήκη φυτικών κόμμεων, τα οποία αυξάνουν το ιξώδες του ζυμαριού και έτσι προλαμβάνουν την διαφορετική κίνηση.



**Εικόνα 16.** Κλιβανισμός των κέικ

**2. Πήξη (Setting):** Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται περαιτέρω, το μίγμα του κέικ πήζει και λαμβάνει το μόνιμο σχήμα λόγω της ζελατινοποίησης του αμύλου και της πήξεως του αλεύρου, των αυγών και της πρωτεΐνης του γάλακτος (στους 60°C και 71°C αντιστοίχως). Βασικά, τα μόρια του αμύλου και τη πρωτεΐνης ευθυγραμμίζονται κατά μήκος των τοιχωμάτων κυψελίδων του αερίου και στη συνέχεια, καθώς ευθυγραμμίζονται οι πρωτεϊνικές αλυσίδες (δίδοντας δομή), το νερό πιέζεται προς τα έξω μεταξύ των πρωτεϊνών και απορροφάται από τους κόκκους του αμύλου. Οι κόκκοι του αμύλου μαλακώνουν και γίνονται πιο στερεοί καθώς το κέικ αφήνεται να ψυχθεί μετά τον κλιβανισμό.

**3. Χρωματισμός ή Αμαύρωση (Browning):** Μόλις το μίγμα σταθεροποιηθεί, αρχίζουν να λαμβάνουν χώρα οι αντιδράσεις αμαυρώσεως, οι οποίες ενισχύουν τη γεύση-οσμική και διαμορφώνουν το χρώμα. Η αμαύρωση εμφανίζεται σημαντικά μόνο στις περιοχές όπου η υγρασία έχει απομακρυνθεί από το κέικ, δηλαδή όταν η θερμοκρασία του κέικ είναι τουλάχιστον 100°C. Έτσι, η αμαύρωση εμφανίζεται πρώτα στα εξωτερικά τοιχώματα του κέικ. Τα προϊόντα της αμαυρώσεως διαχέονται προς τα μέσα, βελτιώνοντας τη γεύση του, όμως αν επιτελεσθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα θα οδηγήσει σε απανθράκωση και κάψιμο.

Τα ζυμάρια για κέικ μπορούν να ψηθούν στους περισσότερους τύπους φούρνων. Οι θερμοκρασίες κλιβανισμού είναι χαμηλότερες από εκείνες που χρησιμοποιούνται για το κλιβανισμό του άρτου και ποικίλουν ανάλογα με το τύπο και το μέγεθος του κέικ. Σε πολλούς φούρνους, ο εφοδιασμός θερμότητας είναι μεγαλύτερος στο κάτω μέρος από ό, τι στην



κορυφή. Αν οι υψηλές εισροές θερμότητας κατευθύνονται προς το επάνω μέρος του προϊόντος θα προκύψουν προβλήματα με το σχήμα και το χρώμα της επιφάνειας του προϊόντος.

Μεταξύ των παραγόντων, οι οποίοι επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος κατά τον κλιβανισμό, είναι ο ρυθμός εφαρμογής θερμότητας, το ποσό της παρεχόμενης θερμότητας, το επίπεδο υγρασίας εντός του θαλάμου του κλιβάνου και η διάρκεια του κλιβανισμού. Λαμβάνοντας υπόψιν τους παράγοντες αυτούς και τη μεταβολή της θερμοκρασίας του κλιβάνου και του προϊόντος, μπορούν να επιτευχθούν οι επιθυμητές ιδιότητες στο προϊόν. Κατά κανόνα, το κέικ θα πρέπει να εξάγεται από τον κλίβανο με χρώμα καφέ-χρυσό ακόμη και στο κέντρο του. Αν το κέντρο του κέικ είναι ακόμα λευκό, ο κλιβανισμός είναι ανεπαρκής (Lazos E. & Lazou A., 2016a).

#### 5.1.4 Ψύξη

Η ψύξη είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή κέικ, για την υφή και την εμφάνιση του τελικού προϊόντος. Κατά την παραγωγή των κέικ μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόματοι ψυκτήρες (ψυγεία), οι οποίοι είναι κινητοί και μπορεί να φέρουν μία ή δύο αιώρες, κρεμασμένες σε αλυσίδες μεταφοράς και οι οποίες κινούνται με τη βοήθεια ενός μικρού κινητήρα με ενσωματωμένη συσκευή μεταβλητής ταχύτητας για τη ρύθμιση του χρόνου ψύξεως, ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος. Η ικανότητα εξαρτάται από το μέγεθος του ψυγείου. Γενικά χρησιμοποιείται ψύξη φυσικού ή ανοιχτού αέρα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ρυθμιζόμενος αέρας εάν ο ψυκτήρας έχει τελείως κλειστή κατασκευή. Οι ψυκτήρες είναι πολύτιμοι όταν τα κέικ ψήνονται σε δίσκους, γιατί επιτρέπουν την ψύξη των προϊόντων πριν το τελείωμα και τη συσκευασία. Τα κέικ έχουν υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας και έχουν την τάση να ξηραίνονται ταχέως υπό κανονικές συνθήκες αποθηκεύσεως. Η παλαιώση (μπαγιατέμα) των κέικ προκαλείται από δύο κύριους παράγοντες:

1) τη μετακίνηση της υγρασίας μέσω του κέικ, καθώς η ξηρή κόρα του κέικ προσελκύει υγρασία και

2) στις μεταβολές των κλασμάτων της αμυλοπηκτίνης του αμύλου (Lazos E. & Lazou A., 2016a).

#### 5.1.5 Συσκευασία

Η συσκευασία των τροφίμων αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα που οι παραγωγοί και οι βιομηχανίες καλούνται να βρουν την καλύτερη λύση. Σκοπός της συσκευασίας είναι η προστασία, διακίνηση, διάθεση και η παρουσίαση των προϊόντων από τον παραγωγό μέχρι τον καταναλωτή. Η επιλογή της συσκευασίας είναι μια δυναμική κατάσταση η οποία

προσαρμόζεται ανάλογα με την ασφάλεια του προϊόντος καθώς και τις απαιτήσεις του καταναλωτή (Series, 2001).

Έτσι, τα υλικά συσκευασίας θα πρέπει να επιλέγονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εμποδίζουν τη μετακίνηση της υγρασίας, τη μικροβιακή ανάπτυξη και την απώλεια του αρώματος, ενώ παρέχουν φυσική προστασία έναντι της συνθλίψεως. Μεταξύ των υλικών συσκευασίας είναι τα αδιαπέραστα από το λίπος λαδόκολλα και σελοφάν. Άλλα κατάλληλα υλικά συσκευασίας είναι το πολυστυρένιο, το πολυπροπυλένιο και το πολυαμίδιο-11, τα οποία χρησιμοποιούνται για συσκευασίες υπό κενό και αποστείρωση με υπέρυθρο (Lazos E. & Lazou A., 2016a). Τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στην συσκευασία τροφίμων είναι διάφορα και διακρίνονται ανάλογα με τα τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Ένα υλικό συσκευασίας κατάλληλο για την αποθήκευση των κέικ είναι το πολυπροπυλένιο PP. Το πολυπροπυλένιο είναι μια διαφανής γυαλιστερή μεμβράνη με υψηλή αντοχή και αντίσταση στη διάτρηση. Διαθέτει μέτριο φράγμα στην υγρασία, τα αέρια και τις οσμές, το οποίο δεν επηρεάζεται από τις αλλαγές της υγρασίας. Τεντώνεται, αν και λιγότερο από το πολυαιθυλένιο (Do, 2012).

## 5.2 Συστατικά του κέικ και λειτουργικές τους ιδιότητες

### 5.2.1 Αλεύρι

Το αλεύρι αποτελεί το βασικό και κοινό συστατικό όλων των αρτοσκευασμάτων, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην δομή και υφή του τελικού προϊόντος. Μεταξύ των αλεύρων που προέρχονται από δημητριακά μόνο το άλευρο σίτου μπορεί να σχηματίσει ένα τρισδιάστατο ιξωδοελαστικό ζυμάρι όταν αναμειγνύεται με νερό, λόγω της ικανότητας των πρωτεϊνών να αναπτύσσουν το δίκτυο της γλουτένης (Song and Zheng, 2007, Zhou, Therdthai and Hui, 2014). Λόγω του μεγάλου αριθμού ποικιλιών σίτου που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο, η γκάμα αλεύρων που διατίθεται σήμερα είναι ευρύτερη από ποτέ. Στην βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιούνται 3 ποικιλίες σίτου: η *Triticum aestivum* (κοινός σίτος), η *Triticum durum* (σκληρός σίτος) και η *Triticum compactum*. Η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου εξαρτάται από την ποικιλία του σίτου, τις γεωργικές και κλιματικές συνθήκες και την διαδικασία αλέσεως του σίτου. Η δύναμη του αλεύρου σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα και την ποιότητα της περιεχόμενης πρωτεΐνης. Για την παρασκευή κέικ συνήθως χρησιμοποιούνται άλευρα ζαχαροπλαστικής, δηλαδή αλεύρι χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (7-9%) για να δώσουν μαλακά και αφράτα κέικ. Παγκοσμίως το αλεύρι για κέικ παράγονται με τρεις τρόπους: άλεση μαλακού σίτου, άλεση μείγματος μαλακού και σκληρού σίτου, ενώ σε ορισμένες χώρες που δεν έχουν αλεύρι μαλακού σίτου, παράγεται από άλεση σκληρού σίτου με διάφορες εμπορικές ονομασίες. Οι καλές δεξιότητες



άλεσης μπορούν να

βοηθήσουν στην επίτευξη τυπικών χαρακτηριστικών του κέικ, αλλά προφανώς μόνο εάν το σιτάρι είναι ήδη της κατάλληλης ποιότητας. Το αλεύρι για κέικ είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε τέφρα και σε πρωτεΐνες και χαμηλής απορρόφησης νερού. Επίσης, δεν απαιτείται ισχυρή ανάμειξη ή μεγάλος χρόνος ανάμειξης. Η γενική σύνθεση για το τυπικό αλεύρι για κέικ είναι υγρασία 14,5%, πρωτεΐνες 7 – 8%, άμυλο 72 – 74%, σάκχαρα 1 – 2 %, λιπίδια 0,4 – 0,6 %, κυτταρίνη 0,1 % και μέταλλα 0,2 – 0,5%. (Al-Dmoor, 2013, Lazos E. & Lazou A., 2016b).

#### 5.2.1.1 Συστατικά αλεύρου

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

➤ Υδατάνθρακες: Το άμυλο είναι ο πιο άφθονος υδατάνθρακας σε κόκκους σιταριού (75 - 80% του ξηρού βάρους) και η περιεκτικότητα σε άμυλο φαίνεται να σχετίζεται αντιστρόφως με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Το άμυλο αποτελείται από πολυμερή αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης σε αναλογία 1:3. Η αμυλόζη βρίσκεται στο εσωτερικό των κόκκων, ενώ η αμυλοπηκτίνη στα εξωτερικά τοιχώματα. Οι ποικιλίες μαλακού σίτου, γενικά, έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε άμυλο από τις σκληρές. Το άμυλο σίτου βοηθά στον προσδιορισμό της τελικής όψης, της δομής και της ποιότητας των αρτοσκευασμάτων. Οι κύριες χρήσεις του στην βιομηχανία τροφίμων σχετίζονται με την ζελατινοποίηση και την επανατακτοποίηση. Η ζελατινοποίηση είναι μία διαδικασία κατά την οποία όταν ένα αιώρημα αμύλου θερμανθεί πάνω από μία συγκεκριμένη θερμοκρασία (θερμοκρασία ζελατινοποίησης), υφίσταται μία σειρά αλλαγών, οι οποίες οδηγούν στην αμετάκλητη καταστροφή της μοριακής τάξης του κόκκου αμύλου. Οι κόκκοι απορροφούν νερό και βαθμιαία διαρρηγνύονται, οπότε τα μόρια της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης διασκορπίζονται στο νερό. Το φαινόμενο αυτό αρχίζει γύρω στους 50°C και τελειώνει γύρω στους 85°C. Η θερμοκρασία ζελατινοποίησης σχετίζεται άμεσα με το pH, το ρυθμό θέρμανσης και την παρουσία σακχάρων και λιπιδίων (Hutkins, 2006, Goesaert *et al.*, 2005, Zhou, Therdthai and Hui, 2014).

➤ Πρωτεΐνες: Με βάση τη διαλυτότητα, οι πρωτεΐνες ταξινομούνται κατά Osborne σε τέσσερις κύριους τύπους: λευκωματίνες ή αλβουμίνες (διαλυτές στο νερό), γλοβουλίνες ή σφαιρίνες (διαλυτές σε αραιωμένο άλας, αλλά αδιάλυτες στο νερό), γλοιαδίνες (διαλυτές σε υδατικές αλκοόλες) και γλουτελίνες (αδιάλυτες σε υδατικές αλκοόλες). Οι λευκωματίνες και οι σφαιρίνες αποτελούν περίπου το 20% της ενδοσπερμικής πρωτεΐνης και παίζουν ρόλο στον κυτταρικό μεταβολισμό, την ανάπτυξη και την απόκριση στο περιβάλλον. Το μεγαλύτερο μέρος της πρωτεΐνης του ενδοσπερμίου (80%) είναι γλοιαδίνες και γλουτελίνες.

Η ανάμιξη των παραπάνω πρωτεϊνών με νερό επιφέρει τον σχηματισμό ελαστικού δικτύου, γνωστό ως

γλουτένη. Πράγματι, οι ασυνήθιστες ιδιότητες των πρωτεϊνών γλουτένης επιτρέπουν στο αλεύρι σίτου να μετατραπεί σε ζυμάρι με κατάλληλες ιδιότητες για την αρτοποιία. Επιπλέον, καθορίζουν τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού και ως εκ τούτου συμβάλλουν στις ιδιότητες συγκράτησης αερίου του ζυμαριού (Kumar *et al.*, 2021). Οι ιδιότητες συγκράτησης αερίου με τη σειρά τους καθορίζουν τον όγκο του αρτοσκευάσματος και τη δομή της ψίχας. Οι δύο πιο σημαντικοί παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στην ποιότητα των αρτοσκευασμάτων είναι:

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

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

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

➤ **Λιπίδια:** Τα λιπίδια στο άλευρο σίτου ενώ καταλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό του συνολικού βάρους του (~1-2%) επηρεάζουν την αρτοποιητική ποιότητα. Τα λιπίδια αλληλοεπιδρούν είτε με πρωτεΐνες είτε είναι δεσμευμένα με το άμυλο. Τα λιπίδια στο άλευρο ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, στα λιπίδια του αμύλου και σε μη-αμυλούχα λιπίδια. Τα μη-αμυλούχα λιπίδια καταλαμβάνουν τα 2/3 των συνολικών λιπιδίων και αντίστοιχα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα ελεύθερα και τα δεσμευμένα. Τα ελεύθερα λιπίδια διαχωρίζονται σε τρεις ομάδες σύμφωνα με τη συμπεριφορά πρόσδεσής τους κατά την ανάμιξη του ζυμαριού: μη πολικά δεσμευμένα λιπίδια (στερυλεστέρες, τριγλυκερίδια, διγλυκερίδια), πολύ πολικά δεσμευμένα λιπίδια (κυρίως φωσφολιπίδια και γλυκολιπίδια που περιέχουν σακχαρόζη ή ραφινόζη) και λιπίδια ενδιάμεσης πολικότητας (μονογλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα). Τα μη πολικά λιπίδια επιφέρουν βλαβερές επιδράσεις σε αντίθεση με τα πολικά λιπίδια που επιφέρουν θετικά αποτελέσματα κατά τον κλιβανισμό (Chung, Pomeranz and Finney, 1978, Lazos E. & Lazou A., 2016b).

### 5.2.2 Ζάχαρη

Τα γλυκαντικά είναι ένα από τα κύρια συστατικά των προϊόντων αρτοποιίας επειδή πολύ λίγα προϊόντα αρτοποιίας παρασκευάζονται χωρίς κάποιο πρόσθετο γλυκαντικό. Η επίδραση των γλυκαντικών σε ένα τρόφιμο σχετίζεται άμεσα με τη χημική τους σύνθεση, τις

φυσικοχημικές τους ιδιότητες και τη φυσική τους μορφή. Χημικά, τα θρεπτικά γλυκαντικά μπορεί να είναι μόνο- ή δισακχαρίτες ή σύνθετοι υδατάνθρακες όπως ολιγοσακχαρίτες ή δεξτρίνες. Φυσικά, τα γλυκαντικά μπορούν να είναι στερεά ή υγρά. Εκτός από την παροχή γλυκιάς γεύσης, τα σάκχαρα αναπτύσσουν το χρώμα της κόρας, ενισχύουν την εμφάνιση, τη γεύση, την απαλότητα και την υφή των τελικών προϊόντων και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής στον άρτο. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι ο τύπος των σακχάρων και ο λόγος του μείγματος σακχάρου / πρωτεΐνης είναι δύο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα των πρωτεϊνών. Διαπιστώθηκε ότι η αύξηση της περιεκτικότητας σε σάκχαρα (και συγκεκριμένα σακχαρόζης) έως ένα ορισμένο επίπεδο αυξάνει τη συντηρητική δράση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τρόφιμα που διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, οι υπερβολικές προσθήκες σακχαρόζης αναμένεται να οδηγήσουν σε μειωμένη σταθερότητα πρωτεϊνών. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάμιξης, η σακχαρόζη συνδέει το νερό και ανταγωνίζεται τις πρωτεΐνες του αλεύρου σίτου για νερό, αποτρέποντας την πλήρη ενυδάτωση της γλουτένης και καθυστερώντας την ανάπτυξή της. Με την αύξηση του επιπέδου της ζάχαρης σε ένα ζυμάρι αλεύρου σίτου, είναι διαθέσιμο λιγότερο νερό για την ενυδάτωση της γλουτένης, απαιτώντας έτσι μεγαλύτερους χρόνους ανάμιξης για την ανάπτυξη του δικτύου γλουτένης. Όταν γίνεται ανάμιξη κρυστάλλων ζαχάρους και λίπους (shortening), η ζάχαρη διασκορπίζεται μεταξύ των μορίων του λίπους. Στα κέικ και τα μπισκότα, η ζάχαρη βοηθά στην προαγωγή της ελαφρότητας με την ενσωμάτωση αέρα εντός του λίπους. Ο αέρας παγιδεύεται στην επιφάνεια των ακανόνιστων κρυστάλλων της ζαχάρους. Ως αποτέλεσμα, το τελικό ψημένο προϊόν έχει καλό όγκο και υφή της ψίχας. Κατά τον κλιβανισμό, η ζάχαρη μαλακώνει το πλέγμα απορροφώντας υγρά και καθυστερώντας τη ζελατινοποίηση του αμύλου. Η καθυστέρηση της ζελατινοποίησης του αμύλου, σε υψηλότερες θερμοκρασίες επιτρέπει επομένως την ανάπτυξη φυσαλίδων αέρα και ως εκ τούτου την ανάπτυξη μιας πιο πορώδους δομής του τελικού προϊόντος (Mariotti and Lucisano, 2014, Lai and Lin, 2006, Mondal and Datta, 2008, Soltanizadeh *et al.*, 2014).

### 5.2.3 Αυγά

Τα αυγά αποτελούνται από 67%-70% από το λεύκωμα και 30-33% από τον κρόκο. Έχουν διαφορετικές χημικές συνθέσεις με το ασπράδι του αυγού να είναι ένα υδατικό διάλυμα πρωτεϊνών (αλβουμίνη, γλοβουλίνη), ενώ ο κρόκος είναι ένα γαλάκτωμα λιπιδίων, πρωτεϊνών, νερού και μετάλλων. Μια μεμβράνη διαχωρίζει το ασπράδι από τον κρόκο. Το λεύκωμα συμβάλλει στον αερισμό του ζυμαριού, στη δομή ή στο σχήμα του προϊόντος αλλά δρα και ως παράγοντας σκλήρυνσης. Αποτελείται από περίπου 88% νερό και 11% πρωτεΐνη. Ο κρόκος περιέχει κυρίως λιπίδια τα οποία αποτελούνται κατά 70% από τριγλυκερίδια ενώ

τα υπόλοιπα

μπορεί να είναι φωσφολιπίδια, χοληστερόλη και μπορεί να εξυπηρετούν διαφορετικό σκοπό στον κλιβανισμό (τρυφερή υφή). Στη βιομηχανία τροφίμων για τη βελτίωση και τη διατήρηση της ποιότητας τόσο της υφής όσο και του όγκου των προϊόντων (κέικ, μπισκότα, τσουρέκι, τάρτες) γίνεται χρήση των αυγών. Η λειτουργία των αυγών όταν χρησιμοποιούνται σε ζυμάρι για κέικ μπορεί να οριστεί ως εξής: ύγρανση, λόγω της μεγάλης ποσότητας υγρασίας που υπάρχει, αερισμός, λόγω της ικανότητας σχηματισμού αφρού κατά το χτύπημα, ο οποίος εμπλέκει μεγάλες ποσότητες αέρα, εμπλουτισμός, λόγω της παρουσίας στον κρόκο αρκετά υψηλού ποσοστού λίπους, γαλακτωματοποίηση, λόγω της παρουσίας λεκιθίνης στον κρόκο, δομική, λόγω της παρουσίας των πρωτεϊνών τόσο στον κρόκο όσο και στο λευκό που πήζουν κατά τη θέρμανση, οργανοληπτική καθώς προσδίδουν χρώμα, γεύση και επιπλέον αυξάνουν την θρεπτική αξία του τελικού προϊόντος. (Duan *et al.*, 2018, Hutkins, 2006, Lazos E. & LazouA., 2016b, Conforti, 2014).

#### 5.2.4 Λιπαρά

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

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

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

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

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

Ενώ το βούτυρο μπορεί να αντικατασταθεί με μαργαρίνη ή μαγειρικά λίπη, το βούτυρο προσφέρει ένα πλεονέκτημα στην υφή στο στόμα και τη ζωντάνια που οδηγούν σε διαφορετικό αποτέλεσμα. Το λίπος που χρησιμοποιείται στη μαργαρίνη τείνει να σχηματίζει μικρά σφαιρίδια ή σφαίρες, ενώ το ζωικό λίπος που βρίσκεται στο βούτυρο σχηματίζει κρυστάλλους. Λόγω του φυσικού σχήματος των κρυστάλλων του λίπους, το βούτυρο τείνει να εξαπλώνεται και να στρώνεται πιο εύκολα και ομοιόμορφα από τη μαργαρίνη. Τα αυξανόμενα επίπεδα λιπαρών σε μία συνταγή απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα νερού για να επιτευχθεί ίση κατανομή και σταθερότητα στο ζυμάρι. (Hutkins, 2006, Lai and Lin, 2006, Ogeoroulou, 2006, SMITH and JOHANSSON, 2004).

#### 5.2.5 Γάλα

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



### 5.2.6 Baking powder

Το baking powder περιέχει όξινο ανθρακικό νάτριο (σόδα), ένα ή περισσότερα οξέα ή όξινα συστατικά και ένα πληρωτικό ή συμπληρωματικό συστατικό. Το όξινο συστατικό του μίγματος είναι τρυγικό οξύ ή όξινα άλατα αυτού, όξινα άλατα φωσφορικού οξέος και ενώσεις του αργιλίου. Το πληρωτικό συστατικό μπορεί να είναι άμυλο ή ανθρακικό νάτριο και σταθεροποιεί το προϊόν διαχωρίζοντας το όξινο ανθρακικό από το οξύ ή όξινο άλας. Χρησιμοποιείται για τη διόγκωση αρτοσκευασμάτων και γλυκών παρασκευασμάτων, οδηγώντας σε ένα προϊόν με πιο ελαφριά υφή. Η ποσότητα που θα προστεθεί σε ένα προϊόν εξαρτάται από τον τύπο του παραγόμενου προϊόντος. Η υπερβολική διογκωτική ύλη σε προϊόντα όπως είναι τα κέικ μπορεί να έχει ανεπιθύμητα αποτελέσματα, όπως η κατάρρευση κατά τη διαδικασία του κλιβανισμού (De Leyn, 2014; Lazos E. & Lazou A., 2016a).

### 5.2.7 Μικρο-συστατικά

Πέρα από τα βασικά συστατικά του τσουρεκιού προστίθενται και κάποια άλλα συστατικά σε μικρότερες ποσότητες, τα οποία δεν επηρεάζουν τις λειτουργικές ιδιότητες των υπόλοιπων συστατικών. Τέτοια συστατικά συνήθως είναι ουσίες που ενισχύουν το άρωμα και την γεύση του κέικ όπως η βανίλια.

## 6 Κεφάλαιο 6: Πειραματικό μέρος

### 6.1 Σκοπός

Η εκπόνηση των πειραμάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Οι έντονοι ρυθμοί της καθημερινότητας και ειδικότερα κατά την περίοδο του covid-19 και μετά οδήγησαν τους καταναλωτές τόσο στην αγορά προϊόντων με θρεπτικά συστατικά αλλά και στην αναζήτηση φυτικών σκευασμάτων για την μείωση του άγχους και του stress. Το αρτοσκεύασμα που επιλέχθηκε προς μελέτη ήταν το κέικ. Η έλλειψη βιβλιογραφίας πάνω στο προϊόν αυτό και λόγω της αρεστότητας του προϊόντος από τους καταναλωτές, τόσο στο πρωινό τους όσο και σαν σνακ κατά την διάρκεια της ημέρας, έδωσε το έναυσμα για την υλοποίηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας. Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ενσωμάτωση και η μελέτη της επίδρασης του σπαθόχορτου, αφού πρώτα είχε ξηρανθεί και αλεσθεί έως ότου πάρει την μορφή αλεύρου, στο κέικ. Αρχικά πραγματοποιήθηκε συλλογή της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα οποία βασίστηκαν κυρίως σε κλινικές μελέτες, προσδιορίστηκαν οι βασικοί πυλώνες της έρευνας, έτσι ώστε να βρεθούν τα κατάλληλα ποσοστά προσθήκης. Ειδικότερα με προκαταρκτικά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, επιλέχθηκαν οι βέλτιστες συνθήκες της πειραματικής διαδικασίας (επιλογή υλικών και αναλογία τους, μέθοδος ανάμιξης, χρόνος-θερμοκρασία κλιβανισμού, συνθήκες και χρόνος ψύξης και αποθήκευσης) και μελετήθηκε η επαναληψιμότητα του πειράματος για την παρασκευή ικανού αριθμού δειγμάτων με ομοιόμορφα χαρακτηριστικά. Ακολούθως διεξήχθησαν τα πειράματα παρασκευής των εμπλουτισμένων κέικ με 0%, 1%, 3% και 5% προσθήκη του σπαθόχορτου και μελετήθηκε η επίδρασή του στα φυσικοχημικά, γεωμετρικά, δομικά, μηχανικά, και χρωματικά χαρακτηριστικά του αρτοσκευάσματος.

### 6.2 Υλικά

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την τυποποίηση των κέικ ήταν οι εξής:

- Άλευρο ζαχαροπλαστικής από τους μύλους «Μάρρα» (Κόρινθος)
- Σπαθόχορτο
- Κρυσταλλική ζάχαρη εμπορικής προέλευσης (ΑΒ Αττική, Ελλάδα)
- Φυτικό βούτυρο «Βιτάμ» (shortening)
- Φρέσκο γάλα αγελάδος «Δέλτα» (Αγ. Στέφανος Αττικής)
- Βανίλια (ΑΒ Αττική, Ελλάδα)

- Αυγά

### 6.3 Πειραματική διαδικασία

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά τη ζύγιση των πρώτων υλών στις ποσότητες που αναγράφονται στον Πιν.1 και Πιν.2. Στην παρούσα εργασία έγινε ανάμιξη πολλαπλών σταδίων με την μέθοδο της κρεμοποίησης. Αρχικά προστίθεται στον αναμικτήρα το shortening και αναδεύεται για 1 min. Στην συνέχεια προστίθεται η ζάχαρη και συνεχίζεται η ανάδευση για 19 min ακόμη (κρεμοποίηση). Μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος προστίθενται σταδιακά τα αυγά. Τέλος χαμηλώνεται η ταχύτητα της ανάμιξης και προστίθενται εναλλάξ το γάλα με το αλεύρι. Η ανάμιξη του αλεύρου πρέπει να γίνει άμεσα ώστε να μην απομακρυνθεί ο εγκλωβισμένος αέρας. Λίγο πριν το τέλος της ανάμιξης προστίθεται και η βανιλίνη. Στη συνέχεια το ζυμάρι χωρίζεται σε δύο ίσα δείγματα και τοποθετείται σε ορθογώνιες φόρμες αλουμινίου μίας χρήσης (26,3X10,3 cm). Ακολουθεί ο κλιβανισμός σε προθερμασμένο φούρνο, σε θερμοκρασία 170°C. Η διάρκεια του κλιβανισμού είναι 1h. Μετά τον κλιβανισμό, τα αρτοσκευάσματα αφήνονται για περίπου 1h σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ώστε να ψυχθούν. Τα προϊόντα αποθηκεύονται σε σακούλες PP, μέχρι την περαιτέρω ανάλυσή τους. Στο Σχήμα 1 φαίνεται το διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας.

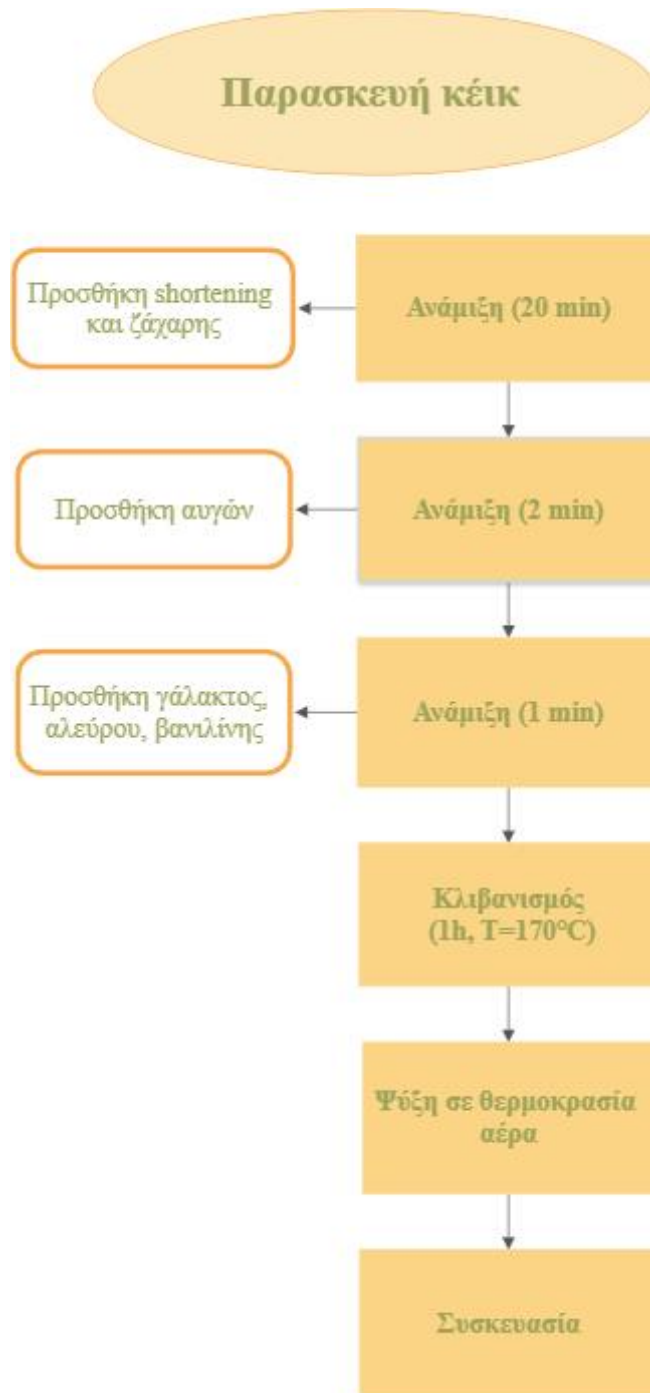
**Πίνακας 1.** Βασική τυποποίηση παρασκευής κέικ

Συστατικό	Ποσότητα (g)
Αλεύρι	250
Ζάχαρη	200
Φυτικό λίπος	125
Baking powder	10
Αυγά	110
Γάλα	125
Βανιλίνη	1,5

**Πίνακας 2.** Τυποποίηση παρασκευής κέικ με προσθήκη σπαθόχορτου

Συστατικό	Ποσοστό προσθήκης και ποσότητες (g)		
	1%	3%	5%
Αλεύρι	250	250	250
Ζάχαρη	200	200	200
Φυτικό λίπος	125	125	125
Baking powder	10	10	10
Αυγά	110	110	110
Γάλα	125	125	125

Βανιλίνη	1,5	1,5	1,5
Σπαθόχορτο	8,2	24,6	41



**Σχήμα 1.** Διάγραμμα ροής της πειραματικής διαδικασίας παραγωγής κέικ.

## 6.4 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών των κέικ

### 6.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Για τη μέτρηση της υγρασίας της ψίχας του τελικού προϊόντος προζυγίζονται τρία φιαλίδια ζυγίσεως και στη συνέχεια τοποθετούνται σε αυτά περίπου 2g (με ακρίβεια  $\pm 0,005$  g) δείγματος. Ξηραίνονται σε φούρνο στους  $115^{\circ}\text{C}$  για 24 h. Αφήνονται να κρυώσουν σε ξηραντήρα με silica gel για να μην απορροφήσουν υγρασία και ζυγίζονται σε αναλυτικό ζυγό, ώστε να υπολογιστεί η απώλεια βάρους τους, από όπου υπολογίζεται και η περιεχόμενη υγρασία τους (Lazou *et al.*, 2023).

### 6.4.2 Προσδιορισμός της ενεργότητας ύδατος

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

### 6.4.3 Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό (baking loss)

Μετά τον κλιβανισμό και την παραμονή τους για 1h σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, τα δείγματα των κέικ ζυγίζονται. Από τις μετρήσεις αυτές υπολογίζεται η μεταβολή του βάρους κατά τον κλιβανισμό επί τοις εκατό, σε σχέση με το αρχικό βάρος των δειγμάτων (Mustafa *et al.*, 2018, Diprat *et al.*, 2020). Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος τουλάχιστον τριών μετρήσεων.

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

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

### 6.4.4 Προσδιορισμός του χρώματος των αρτοσκευασμάτων

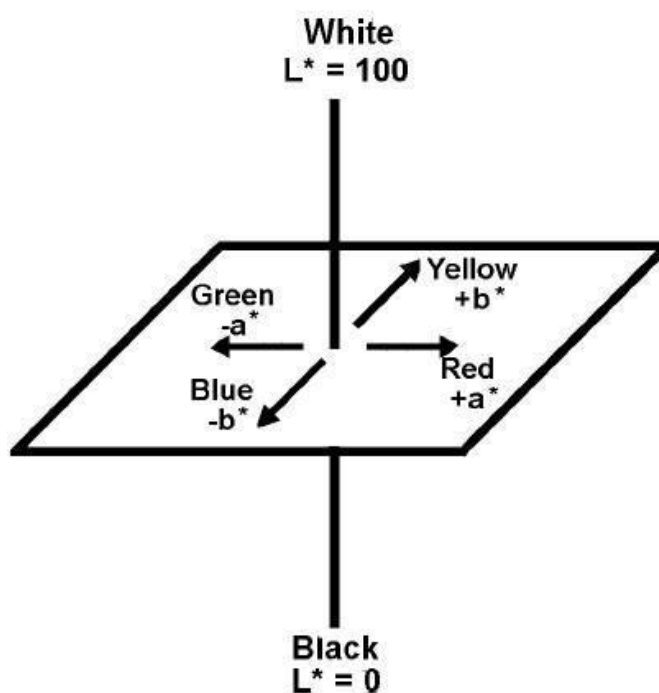
Το χρώμα της κόρας και της ψίχας των δειγμάτων κέικ μετριέται με τη βοήθεια του χρωματόμετρου (HunterLab, Miniscan XE Plus) το οποίο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  βάσει του συστήματος CIELAB. Η μέτρηση γίνεται σε δύο παρόμοια δείγματα, ενώ σε κάθε δείγμα πραγματοποιείται τριπλή μέτρηση. Η τιμή της διαφοράς του χρώματος προκύπτει με βάση την παρακάτω σχέση:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (6.2)$$

όπου  $L_0$  ο μέσος όρος των τιμών της φωτεινότητας του μάρτυρα (κέικ με ποσοστό προσθήκης 0%),  $a_0$  ο μέσος όρος των τιμών της πράσινης απόχρωσης ή της ερυθρότητας του μάρτυρα και  $b_0$  ο μέσος όρος των τιμών της κίτρινης ή μπλε απόχρωσης του μάρτυρα.

Το  $L^*$  εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος. Αν ένα δείγμα έχει μηδενική τιμή για τα  $a^*$ ,  $b^*$ , πρέπει να βρίσκεται πάνω στον άξονα μαύρου-άσπρου. Η θετική τιμή για το  $a^*$  υποδεικνύει κόκκινο χρώμα, ενώ η αρνητική τιμή πράσινο χρώμα. Η θετική τιμή για το  $b^*$  υποδεικνύει κίτρινο χρώμα, ενώ η αρνητική τιμή μπλε χρώμα (Σχήμα 6.2) (Diprat *et al.*, 2020).

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

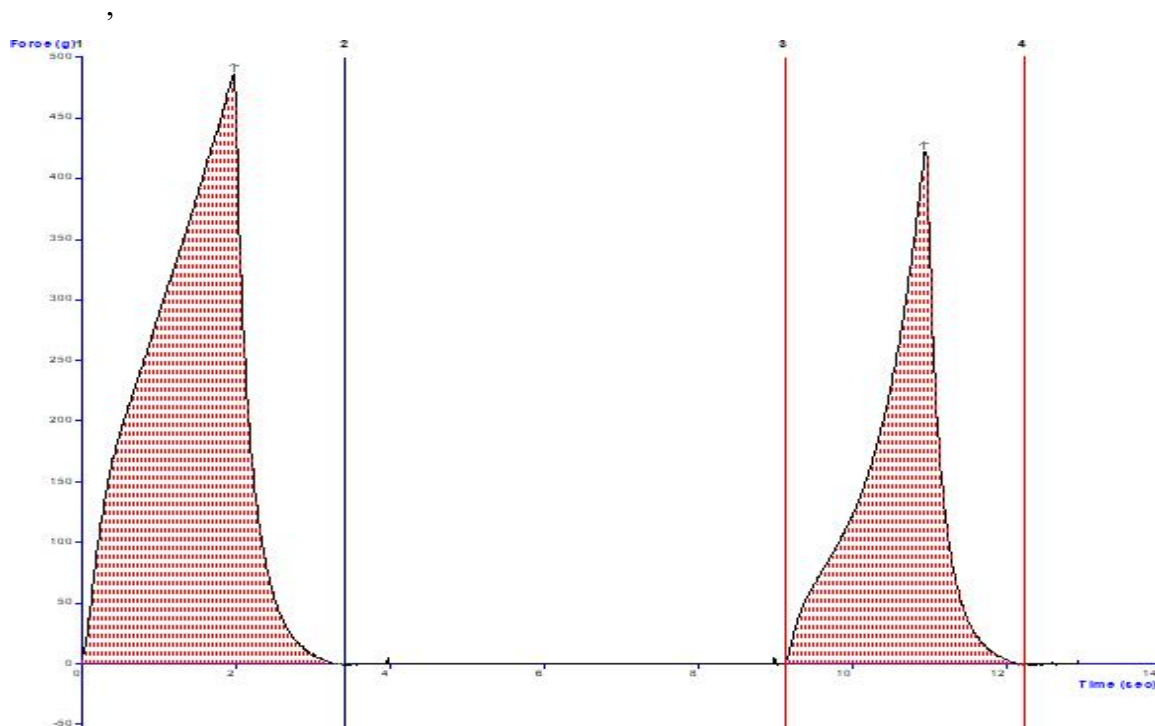


**Σχήμα 2.** Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELAB  
 Πηγή: <https://sites.google.com/site/sachidanandabs/colorspace>

#### 6.4.5 Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων

Η εκτίμηση των χαρακτηριστικών της υφής των κέικ γίνεται με χρήση των μηχανικών ιδιοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών υφής των

αρτοσκευασμάτων χρησιμοποιούνται δύο παρόμοια δείγματα, από τα οποία λαμβάνονται συνολικά 4 φέτες πάχους 2 cm. Στις φέτες αυτές εφαρμόζεται η δοκιμή ανάλυσης αναπαραστάσεως υφής (Texture Profile Analysis) με χρήση αναλυτή υφής (TA.XT2i; Stable Micro Systems). Στα δείγματα πραγματοποιείται διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση με την βοήθεια κυλίνδρου, υπό τις συνθήκες: ταχύτητα συμπίεσης 1 mm/s, βάθος διείδυσης 50%, προσομοιάζοντας τη διαδικασία της μάσησης. Ο κύλινδρος που χρησιμοποιείται είναι ο P/25 (25mm diameter aluminium platen). Το διάγραμμα δύναμης-χρόνου (Σχήμα 6.3), χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό παραμέτρων όπως: η σκληρότητα (η μέγιστη δύναμη κατά την 1<sup>η</sup> διείδυση), η ελαστικότητα (δείχνει το πόσο καλά επανέρχεται ένα προϊόν στην αρχική του θέση μετά την παραμόρφωση του κατά την πρώτη συμπίεση) που υπολογίζεται από τον λόγο  $Length2/Length1$ , η συνεκτικότητα (η αντίσταση του προϊόντος σε μία δεύτερη παραμόρφωση, σχετικά με το πως συμπεριφέρθηκε στην πρώτη) που υπολογίζεται από τον λόγο των επιφανειών  $Area2/Area1$  και η μασητικότητα των δειγμάτων (η ενέργεια που απαιτείται για να γίνουν τα στερεά τρόφιμα έτοιμα για κατάποση) και υπολογίζεται ως η κολλητικότητα επί την ελαστικότητα (Mustafa *et al.*, 2018, Gonzales-Barron *et al.*, 2020).

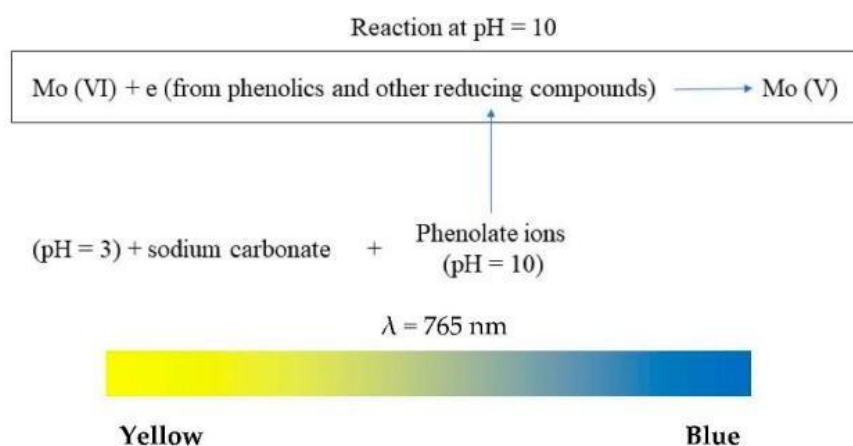


Σχήμα 3. Διάγραμμα δοκιμή ανάλυσης αναπαραστάσεως υφής (Texture Profile Analysis) δύναμης-χρόνου αναλυτή υφής.

#### 6.4.6 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης

Η εκχύλιση των φαινολικών ενώσεων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας μεθανόλη ως διαλύτη, επειδή η μεθανόλη αναγνωρίζεται ευρέως ως ο διαλύτης που εξάγει σχεδόν όλα τα φαινολικά (Bisharat *et al.*, 2015). Προκειμένου να απομακρυνθεί το λίπος, τα δείγματα εκχυλίστηκαν για 2h με n-εξάνιο σε αναλογία 1:5 με συνεχή εκχύλιση, σε δονούμενη πλάκα (Orbital Shaker SO1, Stuart Scientific, UK), σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην συνέχεια το υπολειπόμενο δείγμα εκχυλίστηκε με μεθανόλη με αναλογία 1:5 και τοποθετείται σε δονούμενη πλάκα στους 40°C για 24h. Εν συνεχεία επέρχεται διήθηση για παραλαβή του αποστάγματος και συμπύκνωσή του μέχρι ξηρού. Το συμπυκνωμένο δείγμα παραλαμβάνεται ποσοτικά με μεθανόλη σε ογκομετρική φιάλη των 10 ml, η οποία γεμίζεται με μεθανόλη έως την χαραγή (Bisharat *et al.*, 2015).

Η μέτρηση του φαινολικού περιεχομένου βασίστηκε στο αντιδραστήριο Folin. Το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu αποτελείται από άλατα του μολυβδαινίου (Mo) και του βολφραμίου (W). Σε αλκαλικό περιβάλλον, η φαινολική ένωση οξειδώνεται και το αντιδραστήριο ανάγεται προς οξειδία που έχουν το χαρακτηριστικό κυανό χρώμα του πεντασθενούς μολυβδαινίου. Η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη του φαινολικού περιεχομένου, η συγκέντρωση του οποίου εκφράζεται σε ισοδύναμα ενός επιλεγμένου προτύπου.



**Εικόνα 17.** Μηχανισμός δράσης του Folin-Ciocalteu

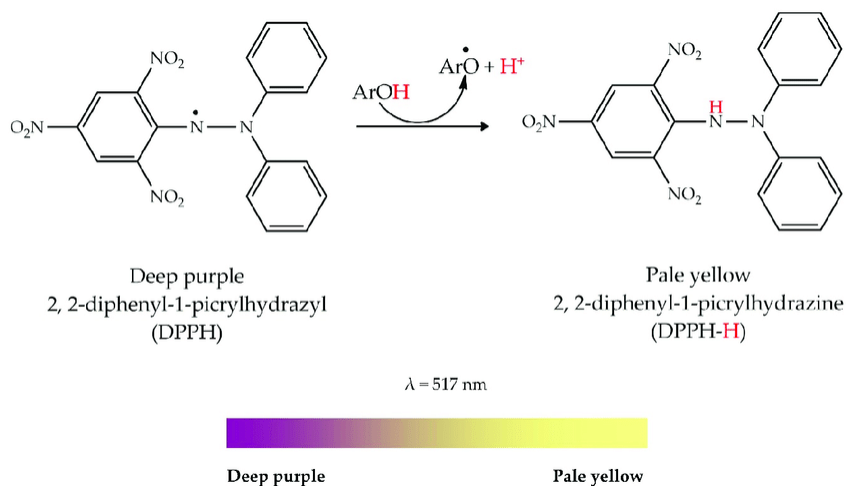
Σε πλαστικές κυψελίδες των 4,0 mL, τοποθετείται με πιπέτα των 100μL οι προκαθορισμένες ποσότητες προτύπου ή αραιωμένου δείγματος, 2500,0 μL απεσταγμένο H<sub>2</sub>O και 200,0 μL αντιδραστήριου F-C (βιομηχανικά παρασκευασμένο). Ακολουθεί ισχυρή ανάδευση στον κυκλοαναδευτήρα vortex και μετά από αναμονή 8 min σε σκοτεινό μέρος, προστίθενται 500,0 μL κορεσμένου διαλύματος Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και το μείγμα αναδεύεται ξανά.



Έπειτα, οι κυψελίδες τοποθετούνται για 30 min σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 40°C, σε συνθήκες σκότους. Αφού αναπτυχθεί το επιθυμητό μπλε χρώμα και το περιεχόμενο των κυψελίδων αποκτήσει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος μετρείται η απορρόφηση στα 750 nm (A750 nm) για κάθε δείγμα ή πρότυπο. Η διόρθωση στο σφάλμα της τιμής της απορρόφησης εξαιτίας του διαλύτη των δειγμάτων και των προτύπων γίνεται με “τυφλό” δείγμα. Η πειραματική διαδικασία και οι προσδιορισμοί έγιναν εις τριπλούν για κάθε δείγμα ή διάλυμα της πρότυπης ουσίας.

Η περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες κάθε δείγματος ή προτύπου υπολογίζεται από την πρότυπη καμπύλη αναφοράς και εκφράζεται σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE, Gallic Acid Equivalents) ανά L ή g δείγματος.

Η μέτρηση της αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών εκχυλισμάτων, πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο DPPH (1,1 diphenyl dipicryl hydrazin) σύμφωνα με την μέθοδο των (Lafka *et al.*, 2011). Αναλυτικότερα, προστέθηκαν σε κυψελίδα 0,2 mL μεθανολικού διαλύματος του εκχυλίσματος και 3,8 mL μεθανολικού διαλύματος DPPH (0,0025 g/100 mL CH<sub>3</sub>OH) και μετρήθηκε η απορρόφηση στα 515 nm μέχρι να σταθεροποιηθεί. Συγχρόνως, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 515 nm του μάρτυρα (0,2 mL μεθανόλη + 3,8 mL διαλύματος DPPH) με μεθανόλη που έχει το ρόλο του τυφλού. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο μονής δέσμης ορατού-υπεριώδους U.V.-VIS (UVmini 1240, Shimadzu, Ltd., Hong Kong).



**Εικόνα 18.** Μηχανισμός δράσης (DPPH)  
 Πηγή: (Sadeer *et al.*, 2020)

Η αντιοξειδωτική δράση των δειγμάτων εκφρασμένη ως % αναστολή του DPPH, υπολογίστηκε σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση που προτάθηκε από τους (Yen and Duh, 1994):

$$AA \% = A_0 * 100$$

(6.3)

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

## 6.5 Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων

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

Εν συνεχεία, οι εικόνες επεξεργάστηκαν μέσω του ImagePro-Plus v7.0.1.658 λογισμικού, για το προσδιορισμό των γεωμετρικών και μορφολογικών ιδιοτήτων του κυψελώματος του κέικ. Όλες οι μετρήσεις των δειγμάτων επιτεύχθηκαν ακολουθώντας τις ρυθμιζόμενες μακροεντολές του προγράμματος. Μια αναλυτική έρευνα διεξήχθη πάνω στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων με τις ακόλουθες τιμές να υπολογίζονται: το πορώδες, ο αριθμός των πόρων/  $\text{cm}^2$ , επιφάνεια εκάστοτε πόρου ( $\text{mm}^2$ ), αναλογία απεικόνισης (aspect ratio), στρογγυλότητα (είναι το μέτρο σύγκρισης της διαφορετικότητας του πόρου από τον κύκλο), διάμετρος (mm), περίμετρος (mm), “margination” (περιθωριοποίηση, δηλαδή η σχετική κατανομή της έντασης του αντικειμένου μεταξύ του κέντρου και του περιθωρίου – η τιμή 0,33 υποδηλώνει ομοιογενές αντικείμενο), “clumpiness” (κλάσμα εικονοστοιχείων που αποκλίνει από τον μέσο όρο που απομένει μετά από διαστολή, που αντικατοπτρίζει τις παραλλαγές της υφής) και η ετερογένεια. Οι υπολογισμοί των γεωμετρικών και μορφολογικών ιδιοτήτων προκύπτει από τον μέσο όρο οκτώ διαφορετικών φωτογραφιών.

## 6.6 Στατιστική επεξεργασία

### 6.6.1 Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA)

Για τον έλεγχο της σημαντικότητας της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών στους μέσους όρους των τιμών των ιδιοτήτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA). Στις περιπτώσεις που παρατηρήθηκαν σημαντικές επιδράσεις των μεταβλητών εφαρμόστηκε το κριτήριο Duncan, για τον έλεγχο των διαφορών των μέσων όρων των παραμέτρων, με επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$ . Όλες οι αναλύσεις διεξήχθησαν στο πρόγραμμα Statistica (Statistica Release 12, Statsoft Inc Tulsa, Ok, USA).

## 7 Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα και συζήτηση

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

### 7.1 Αποτελέσματα ποιοτικών χαρακτηριστικών των κέικ

#### 7.1.1 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων

Η υγρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζει την ποιότητα των αρτοσκευασμάτων και κατ' επέκταση τον όγκο και την απώλεια νερού στο τελικό προϊόν. Όπως αναγράφεται στον Πίν. 3, η προσθήκη σπαθόχορτου, επέφερε αύξηση της υγρασίας, της ψίχας του κέικ παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά με το control. Η ενεργότητα ύδατος είναι ένας κύριος παράγοντας ευαισθησίας ενός προϊόντος σε μικροβιακή αλλοίωση. Όπως παρατηρείται υπάρχει πάλι στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων προσθήκης σπαθόχορτου και του δείγματος του μάρτυρα. Στην έρευνα των (Song *et al.*, 2017) η προσθήκη του εκχυλίσματος των σπόρων βασιλικού σε ποσοστά 25,50 και 75% δεν επέφερε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ποσοστό υγρασίας μεταξύ των δειγμάτων. Στην έρευνα των Lu *et al.* (2010), η υποκατάσταση του αλεύρου με σκόνη πράσινου τσαγιού δεν επέφερε στατιστικά σημαντικές διαφορές στην υγρασία των παραγόμενων κέικ. Σε έρευνες που έχει γίνει υποκατάσταση του αλεύρου σίτου με άλευρο μπανάνας παρατηρούνται ότι τόσο το ποσοστό υγρασίας, όσο και η ενεργότητα ύδατος αυξάνονται. Αυτό υποδηλώνει την παρουσία περισσότερων υδρόφιλων αλυσίδων που έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερες ικανότητες απορρόφησης νερού (Digestibility, 2020). Στην έρευνα των Chinma, Abu and Abubakar (2010) η υποκατάσταση του αλεύρου με κίτρινη κύπερη, δεν επέφερε στατιστικά σημαντικές διαφορές στην υγρασία του κέικ σε ποσοστά 10,20,30,40 και 50%. Όσον αφορά την απώλεια κατά το κλιβανισμό, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του control δείγματος και των δειγμάτων με προσθήκη σπαθόχορτου, ενώ τα δείγματα με ποσοστό προσθήκης 1,3 και 5% δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Στην έρευνα των Mikulec *et al.* (2019) για την παραγωγή άρτου με υποκατάσταση του αλεύρου σίτου με άλευρο κάνναβης δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση του αλεύρου κάνναβης στην απώλεια κατά τον κλιβανισμό, ενώ στην έρευνα των Song *et al.*

(2017) η προσθήκη του εκχυλίσματος των σπόρων βασιλικού αύξησε την απώλεια κατά τον κλιβανισμό, εμφανίζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων.

**Πίνακας 3.** Φυσικοχημικές ιδιότητες του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά ποσοστά σπαθόχορτου

Σπαθόχορτο (%)	Υγρασία ψίχας (%)	Ενεργότητα ύδατος
0	18,39±0,28 <sup>a</sup>	0,839±0,004 <sup>a</sup>
1	28,57±0,36 <sup>b</sup>	0,900±0,003 <sup>bc</sup>
3	28,49±0,26 <sup>b</sup>	0,898±0,003 <sup>b</sup>
5	29,00±0,42 <sup>c</sup>	0,903±0,005 <sup>c</sup>

Σπαθόχορτο (%)	Απώλεια κατά τον κλιβανισμό (%)
0	16,52±0,24 <sup>a</sup>
1	15,08±0,19 <sup>b</sup>
3	15,06±0,20 <sup>b</sup>
5	15,18±0,12 <sup>b</sup>

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

### 7.1.2 Αποτελέσματα χρώματος

Οι τιμές των παραμέτρων του χρώματος των δειγμάτων, τόσο της ψίχας όσο και της κόρας παρουσιάζονται στον Πίν. 4. Η παράμετρος  $L^*$  (φωτεινότητα) μειώθηκε σημαντικά στην κόρα αλλά και στην ψίχα με την αύξηση του προστιθέμενου σπαθόχορτου. Η παράμετρος  $L^*$  της ψίχας παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, ενώ στην κόρα τα δείγματα με ποσοστό σπαθόχορτου 3 και 5% δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Όσον αφορά την παράμετρο  $a^*$  (κόκκινο) η τιμή της βρέθηκε θετική, γεγονός που υποδηλώνει την επικράτηση του κόκκινου χρώματος έναντι του πράσινου (Korus *et al.*, 2017). Επιπρόσθετα η αύξηση του σπαθόχορτου επέφερε αύξηση της τιμής  $a^*$  στην ψίχα και μείωση της στην κόρα. Όσον αφορά την παράμετρο  $b^*$  (κίτρινο) βρέθηκε αντίστοιχα θετική για όλα τα δείγματα υποδηλώνοντας υπεροχή του κίτρινου χρώματος έναντι του μπλε (Korus *et al.*, 2017). Τόσο στην ψίχα όσο και στην κόρα παρατηρήθηκε μείωση της τιμής, ενώ παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε και στην διαφορά χρώματος ( $\Delta E$ ) με την αύξηση της ποσότητας του σπαθόχορτου. Η διαφορά χρώματος μεταξύ του δείγματος με 0% προσθήκης σπαθόχορτου και δείγματος με 5% προσθήκης σπαθόχορτου έγινε αντιληπτή με γυμνό μάτι. Τα αποτελέσματα

συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της έρευνας των Rojić et al. (2015) στην οποία αντικατέστησαν αλεύρι σίτου με αλεύρι κάνναβης σε ποσοότητες 0%, 5%, 10%, 20% για την παρασκευή άρτου. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση στη φωτεινότητα ( $L^*$ ) τόσο στη ψίχα όσο και στη κόρα. Σύμφωνα με την έρευνα των Mikulec et al. (2019) αύξηση του αλεύρου κάνναβης επέφερε αύξηση της παραμέτρου  $a^*$  στην ψίχα ενώ η παράμετρος  $b^*$  μειώνεται. Η προσθήκη χαρουπάλευρου σε κέικ έδειξε ότι αυξανόμενου του ποσοστού προσθήκης μειώνεται η παράμετρος  $L^*$  και  $b^*$ , ενώ αυξάνεται η παράμετρος  $a^*$ , συμβαδίζοντας έτσι με τα δεδομένα της δικής μας έρευνας (Parageorgiou et al., 2020). Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και στην έρευνα των Lu et al. (2010), όπου έγινε υποκατάσταση με σκόνη πράσινου τσαγιού σε ποσοστά 0%, 10%, 20% και 30%.

**Πίνακας 4.** Ιδιότητες χρώματος του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά ποσοστά σπαθόχορτου

Σπαθόχορτο (%)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
<b>Ψίχα</b>				
0	71,64±0,17 <sup>a</sup>	6,15±0,18 <sup>a</sup>	35,02±0,73 <sup>a</sup>	-
1	45,32±0,66 <sup>b</sup>	6,31±0,28 <sup>a</sup>	28,29±0,25 <sup>b</sup>	23,53±1,01 <sup>a</sup>
3	34,22±0,44 <sup>c</sup>	10,89±0,35 <sup>b</sup>	20,00±0,66 <sup>c</sup>	36,23±0,93 <sup>b</sup>
5	31,90±0,59 <sup>d</sup>	10,08±0,36 <sup>c</sup>	18,75±0,52 <sup>d</sup>	38,83±1,07 <sup>c</sup>
<b>Κόρα</b>				
0	38,49±0,21 <sup>a</sup>	16,38±0,5 <sup>a</sup>	24,63±0,35 <sup>a</sup>	-
1	37,09±0,49 <sup>b</sup>	15,97±0,31 <sup>a</sup>	20,34±0,15 <sup>b</sup>	3,68±0,28 <sup>a</sup>
3	32,69±0,41 <sup>c</sup>	12,18±0,36 <sup>b</sup>	17,42±0,12 <sup>c</sup>	10,32±0,16 <sup>b</sup>
5	32,85±0,41 <sup>c</sup>	10,35±0,33 <sup>c</sup>	15,76±0,25 <sup>d</sup>	11,02±0,18 <sup>c</sup>

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

### 7.1.3 Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής

Τα χαρακτηριστικά της υφής του κέικ είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες ποιότητας, όσον αφορά την αποδοχή του προϊόντος από τους καταναλωτές (Setyaningsih et al., 2019). Προϊόντα με υψηλό ποσοστό γλουτένης παρουσιάζουν χαμηλή τιμή σκληρότητας, συνεπώς το τελικό προϊόν είναι περισσότερο αφράτο (Curti et al., 2014). Μέσω του Πιν.5 παρατηρείται στατιστικά σημαντικά διαφορά στην σκληρότητα μεταξύ των δειγμάτων. Η χαμηλότερη τιμή (4,304 N) αντιστοιχεί σε προϊόν με 1% προσθήκης

σπαθόχορτου ενώ η μεγαλύτερη τιμή (8,559 N) αντιστοιχεί σε προϊόν με 5% προσθήκης σπαθόχορτου. Διακρίνεται έτσι ότι η προσθήκη σπαθόχορτου σε ποσοστά 1 και 3% δίνει τελικό προϊόν με μικρότερη σκληρότητα από ότι ο μάρτυρας, επομένως πιο αφράτο και μαλακό κέικ. Η συνεκτικότητα μειώθηκε από 0,576 σε 0,483 παρατηρώντας στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ενώ στην ελαστικότητα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και της προσθήκης σε ποσοστό 1%. Όσον αφορά τη μασητικότητα μεγαλύτερες τιμές εμφανίστηκαν στα δείγματα του μάρτυρα 4,048 N\*mm. Στην παράμετρο της μασητικότητας όλα τα δείγματα εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Στην έρευνα των Papageorgiou *et al.* (2020) η προσθήκη χαρουπάλευρου έδειξε παρόμοια αποτελέσματα. Σε ποσοστά 10 και 30% παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή σκληρότητας σε σχέση με τον μάρτυρα ενώ στην ελαστικότητα στατιστική διαφορά παρατηρήθηκε μεταξύ των ποσοστών 30 και 50%.

**Πίνακας 5.** Χαρακτηριστικά της υφής του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά ποσοστά σπαθόχορτου

Σπαθόχορτο (%)	Σκληρότητα (N)	Συνεκτικότητα (ratio)	Ελαστικότητα (mm)	Μασητικότητα (N*mm)
0	7,444±0,244 <sup>a</sup>	0,576±0,025 <sup>a</sup>	0,896±0,018 <sup>a</sup>	4,048±0,131 <sup>a</sup>
1	4,304±0,245 <sup>b</sup>	0,539±0,013 <sup>b</sup>	0,905±0,016 <sup>a</sup>	2,553±0,069 <sup>b</sup>
3	6,635±0,238 <sup>c</sup>	0,513±0,013 <sup>c</sup>	0,853±0,019 <sup>b</sup>	2,908±0,107 <sup>c</sup>
5	8,559±0,292 <sup>d</sup>	0,483±0,012 <sup>d</sup>	0,826±0,010 <sup>c</sup>	3,670±0,237 <sup>d</sup>

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

#### 7.1.4 Αποτελέσματα ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για τον προσδιορισμό της φαινολικής περιεκτικότητας και των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων και των δύο πρώτων υλών (σπαθόχορτο και αλεύρι σίτου). Το σπαθόχορτο παρουσιάζει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, οι οποίες συμβάλουν θετικά στην υγεία ως πολύτιμα συμπληρώματα διατροφής σε διαφορετικές καταστάσεις (Pojjic *et al.*, 2015). Τα αποτελέσματα της μέτρησης του ολικού φαινολικού περιεχομένου και της αντιοξειδωτικής δράσης παρατίθενται στον Πιν.6. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικό περιεχόμενο βρέθηκε στο αλεύρι σπαθόχορτου (259,04 mg/100 g), ενώ η χαμηλότερη περιεκτικότητα παρατηρήθηκε στο αλεύρι σίτου (5,30 mg/100 g). Γαλλικό οξύ εμφανίζεται τόσο στο αλεύρι σίτου όσο και στο δείγμα με προσθήκη 0% σπαθόχορτου μετά το κλιβανισμό, σε αντίθεση με τους (Mikulec *et al.*, 2019) όπου δεν παρατηρήθηκε γαλλικό

οξύ στο άλευρο σίτου. Όπως παρατηρείται στον Πίν.6 η αυξανόμενη προσθήκη σπαθόχορτου οδήγησε σε αύξηση του συνολικού φαινολικού περιεχομένου (31,14 mg/100g - 104,35mg/100g), λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε συνολικό φαινολικό περιεχόμενο στο σπαθόχορτο. Όσον αφορά την αντιοξειδωτική δράση παρατηρείται επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, όπου η αύξηση της προσθήκης σπαθόχορτου, αυξάνει την αντιοξειδωτική δράση. Η υψηλότερη τιμή της αντιοξειδωτικής δράσης εμφανίζεται στο αλεύρι σπαθόχορτου (86,87%), ενώ στο δείγμα με την προσθήκη σε ποσοστό 50% (69,94%). Στην έρευνα των Jakubczyk *et al.* (2021) όπου έγινε προσθήκη σπαθόχορτου σε μπισκότα σε ποσοστά 0,5 και 1% παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των δειγμάτων αλλά δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των δύο διαφορετικών ποσοστών τόσο στην μέτρηση του συνολικού φαινολικού περιεχομένου, όσο και στην αντιοξειδωτική του δράση. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και στην έρευνα των Zlotek (2018), όπου η συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικά σε κέικ που εμπλουτίστηκε με 1 και 2% με βασιλικό ήταν υψηλότερο από το δείγμα του μάρτυρα, αλλά η διαφορά μεταξύ των δυο ποσοστών δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Αντιθέτως η αντιοξειδωτική τους δράση εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών δειγμάτων.

Επιπλέον από το εκχύλισμα προσδιορίστηκε μέσω HPLC η συνολική συγκέντρωση της υπερικίνης και της υπερφορίνης στο σπαθόχορτο ανά γραμμάριο φυτικού υλικού όπως αναγράφεται στον Πιν.7.

**Πίνακας 6.** Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και αντιοξειδωτική δράση του κέικ παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα σπαθόχορτου.

		<i>Αλεύρι σίτου</i>	<i>Σπαθόχορτο</i>		
<b>Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg/100g)</b>		4,28±0,36	259,04±2,8		
<b>Αντιοξειδωτική δράση %</b>		2,77±0,60	86,87±0,17		
<i>Αρτοσκεύασμα</i>					
<b>Σπαθόχορτο (%)</b>		<i>0</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>5</i>
<b>Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg/100g)</b>		6,40±0,56 <sup>a</sup>	31,14±1,39 <sup>b</sup>	67,81±0,86 <sup>c</sup>	104,36±1,50 <sup>d</sup>
<b>Αντιοξειδωτική δράση %</b>		5,24±0,43 <sup>a</sup>	18,89±1,10 <sup>b</sup>	46,88±0,73 <sup>c</sup>	69,94±0,71 <sup>d</sup>

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

**Πίνακας 7.** Συγκέντρωση της υπερικίνης και της υπερφορίνης στο σπαθόχορτο.

<b>Σπαθόχορτο</b>	
<b>Υπερικίνη (mg/g φυτικού υλικού)</b>	<b>Υπερφορίνη (mg/g φυτικού υλικού)</b>



$1.85 \pm 0.13$

$291.82 \pm 3.56$

---

### 7.1.5 Αποτελέσματα ανάλυσης εικόνας

Για την μέτρηση των χαρακτηριστικών το λογισμικό βαθμονομήθηκε να μετατρέπει τα εικονοστοιχεία σε χιλιοστά (Esteller and Lannes, 2008). Η συμμετοχή του λογισμικού στην ερευνητική διαδικασία είναι σημαντική ωστόσο δεν υπάρχει επικρατούσα τεχνική για την αξιολόγηση λόγω της διαφοράς ανάμεσα στις μεθοδολογίες αλλά και τον τρόπο λήψης των φωτογραφιών (σαρωτής, κάμερα), το οποίο οδηγεί σε δυσκολία σύγκρισης μεταξύ των δημοσιευμένων αποτελεσμάτων (Farrera-Rebollo *et al.*, 2012).

Τα αποτελέσματα των γεωμετρικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του κέικ παρατίθενται στον Πίνακα 8. Όσον αφορά το συνολικό κέικ (φρατζόλα), η προσθήκη σπαθόχορτου προκάλεσε σταδιακή αύξηση του ύψους, ενώ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων και του μάρτυρα. Οι μετρήσεις του μήκους και του πλάτους των κέικ διαμορφώθηκαν από την φόρμα ψησίματος, ενώ οι προσόψεις του κέικ παρατίθενται στις Εικόνες (Εικ. 19,20,21). Σύμφωνα με τους Wilderjans *et al.* (2008) επιβεβαιώνεται ότι προϊόντα υψηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη εμφανίζουν μεγαλύτερο όγκο και κατ' επέκταση μεγαλύτερο ύψος ενώ προϊόντα πλούσια σε άμυλο εμφανίζουν ένα κολλώδες στρώμα το οποίο οδηγεί σε ασταθέστερο πλέγμα λόγω μείωσης της γλουτένης. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των πόρων, το εμβαδόν του εκάστοτε πόρου μειώνεται με την προσθήκη του σπαθόχορτου, ενώ ο αριθμός των πόρων ανά  $\text{cm}^2$  αυξήθηκε με την προσθήκη σπαθόχορτου. Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με την έρευνα των Švec and Hrušková (2013), κατά την προσθήκη αλεύρου κάρναβης σε ψωμί. Το πορώδες είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζει την ποιότητα των αρτοσκευασμάτων και χαρακτηρίζει την δομή, τον όγκο και το βαθμό ευπεπτότητας (Petrusha, Daschynska and Shulika, 2017). Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό του σπαθόχορτου μειώνεται το πορώδες (58,5% σε ποσοστό 0% και 28,5% σε ποσοστό 5%)(Εικ. 18). Όσον αφορά την διάμετρο των πόρων παρατηρείται μία μικρή μείωση με την προσθήκη του σπαθόχορτου, ενώ η περίμετρός τους δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά. Όσον αφορά την αναλογία απεικόνισης (aspect ratio), δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ποσοστών 1 και 3%, με την προσθήκη του σπαθόχορτου. Σχετικά με την στρογγυλότητα των πόρων, παρατηρήθηκε αύξηση, δηλαδή η προσθήκη του σπαθόχορτου, επέφερε μεγαλύτερη ομογένεια και πιο στρογγυλούς πόρους συγκριτικά με το δείγμα του μάρτυρα. Στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων διακρίνουμε τους όρους “margination” (περιθωριοποίηση) και “clumpiness”. Όσον αφορά το margination παρατηρήθηκε μία αύξηση κατά την αύξηση της προσθήκης σπαθόχορτου. Ο όρος clumpiness υποδηλώνει τον

συνωστισμό των πόρων σε μια φέτα. Από τον πίνακα παρατηρείται ότι οι τιμές έχουν μια πτωτική τάση καθώς αυξάνεται η ποσότητα του σπαθόχορτου.

**Πίνακας 8.** Γεωμετρικές και μορφολογικές ιδιότητες του κέικ με διαφορετικά επίπεδα σπαθόχορτου που εκτιμάται από το πρόγραμμα Image Pro-Plus.

<b>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κέικ</b>					
<b>Σπαθόχορτο %</b>	<b>Length (mm)</b>	<b>Width (mm)</b>	<b>Thickness (mm)</b>	<b>Surface area (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Surface perimeter (mm)</b>
<b>0</b>	250,01±1,72 <sup>ab</sup>	89,08±1,62 <sup>a</sup>	59,03±5,71 <sup>a</sup>	2182,10±57,69 <sup>a</sup>	782,72±36,12 <sup>a</sup>
<b>1</b>	249,96±2,27 <sup>b</sup>	97,49±1,82 <sup>b</sup>	69,23±5,12 <sup>b</sup>	2427,10±45,69 <sup>b</sup>	825,11±44,86 <sup>b</sup>
<b>3</b>	249,41±1,95 <sup>b</sup>	98,27±1,12 <sup>c</sup>	68,38±4,94 <sup>b</sup>	2466,93±47,10 <sup>b</sup>	810,41±45,06 <sup>c</sup>
<b>5</b>	253,54±2,36 <sup>a</sup>	98,45±1,44 <sup>c</sup>	69,56±5,46 <sup>b</sup>	2455,75±34,68 <sup>b</sup>	831,57±53,88 <sup>d</sup>

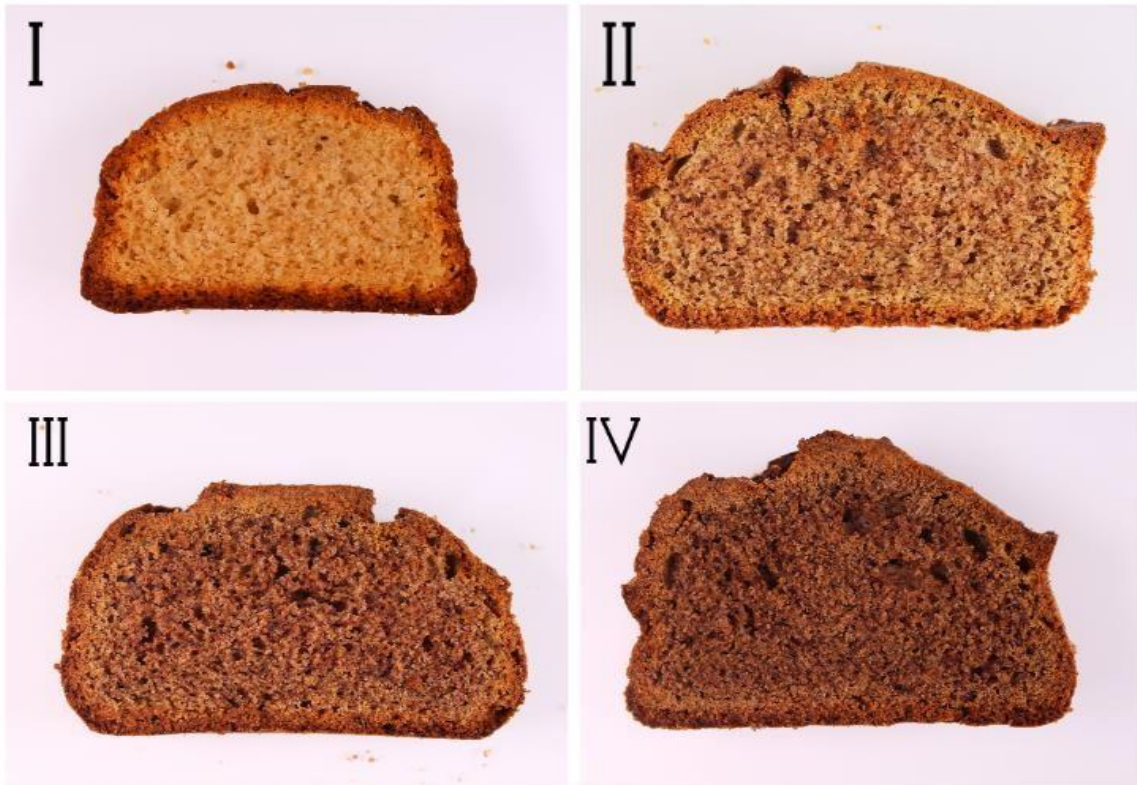
  

<b>Μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων</b>					
<b>Σπαθόχορτο %</b>	<b>Area (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Aspect ratio</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Perimeter</b>	<b>Roundness</b>
<b>0</b>	9,242±0,120 <sup>a</sup>	1,919±0,116 <sup>a</sup>	1,177±0,007 <sup>a</sup>	7,877±0,007 <sup>a</sup>	2,816±0,133 <sup>a</sup>
<b>1</b>	3,794±0,199 <sup>b</sup>	1,987±0,004 <sup>b</sup>	1,058±0,005 <sup>b</sup>	9,238±0,008 <sup>b</sup>	3,147±0,017 <sup>b</sup>
<b>3</b>	2,302±0,141 <sup>c</sup>	1,989±0,010 <sup>b</sup>	1,044±0,021 <sup>b</sup>	8,095±0,076 <sup>a</sup>	3,092±0,092 <sup>b</sup>
<b>5</b>	1,919±0,116 <sup>d</sup>	2,018±0,012 <sup>c</sup>	0,998±0,01 <sup>c</sup>	7,301±0,633 <sup>a</sup>	3,086±0,148 <sup>b</sup>

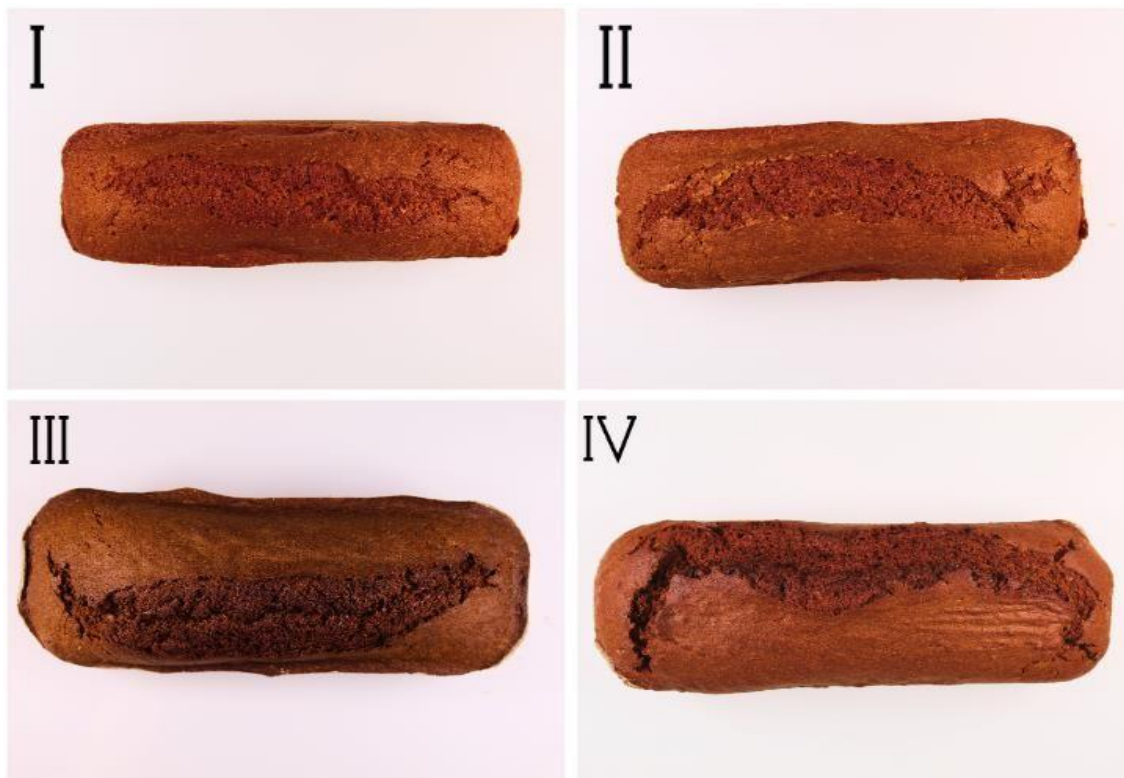
  

<b>Σπαθόχορτο %</b>	<b>OBJnum (1cm)</b>	<b>Margination</b>	<b>Heterogeneity</b>	<b>Clumpiness</b>	<b>Porosity (%)</b>
<b>0</b>	6,038±0,002 <sup>a</sup>	0,416±0,030 <sup>a</sup>	0,010±0,003 <sup>a</sup>	0,012±0,005 <sup>a</sup>	58,5±0,20 <sup>a</sup>
<b>1</b>	10,532±0,281 <sup>b</sup>	0,433±0,002 <sup>b</sup>	0,017±0,004 <sup>a</sup>	0,014±0,003 <sup>a</sup>	39,1±0,10 <sup>b</sup>
<b>3</b>	13,284±0,110 <sup>c</sup>	0,432±0,001 <sup>b</sup>	0,001±0,001 <sup>a</sup>	0,002±0,003 <sup>a</sup>	31,4±0,50 <sup>c</sup>
<b>5</b>	15,493±0,276 <sup>d</sup>	0,435±0,001 <sup>b</sup>	0,000±0,000 <sup>a</sup>	0,000±0,000 <sup>a</sup>	28,5±0,27 <sup>d</sup>

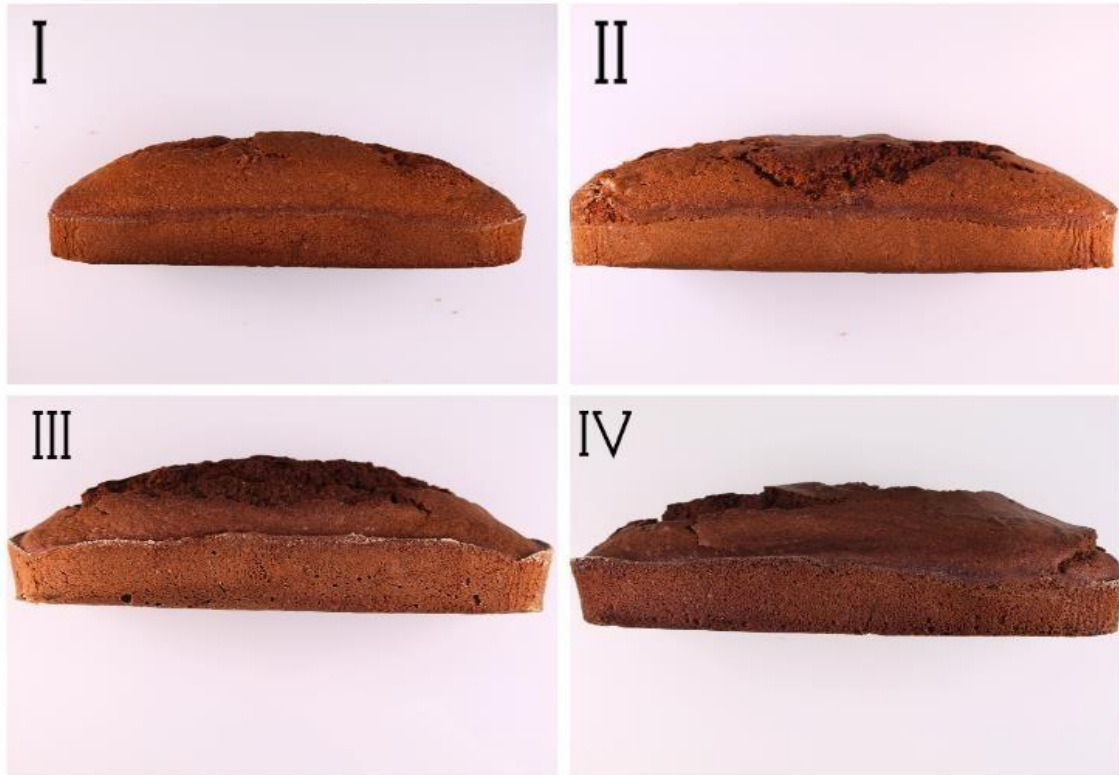
Μέσες τιμές με διαφορετικό γράμμα στον εκθέτη στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά στατιστικά ( $p < 0,05$ )



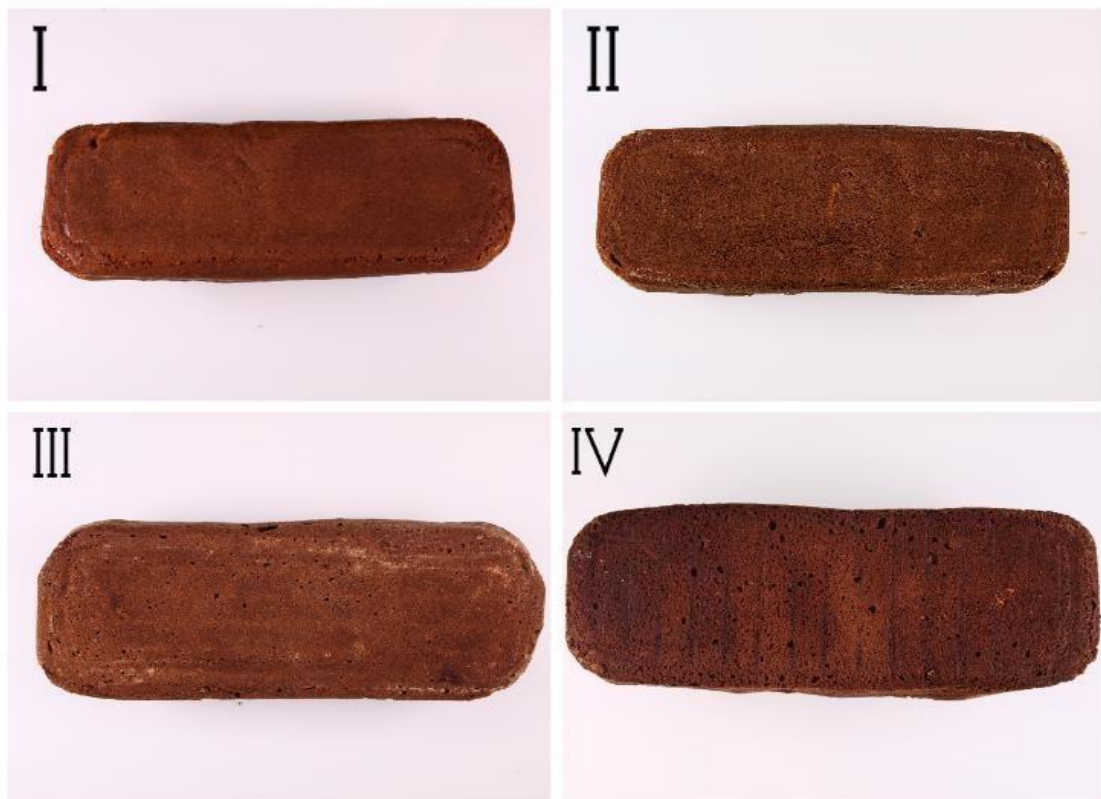
**Εικόνα 19.** Δομή της ψίχας με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III-3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη)



**Εικόνα 20.** Πανοραμική όψη του κέικ με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III 3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη)



**Εικόνα 21.** Πλάγια όψη του του κέικ με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III-3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη)



**Εικόνα 22.** Κάτω όψη του του κέικ με διαφορετικές προσθήκες (I-0% προσθήκη, II-1% προσθήκη, III-3% προσθήκη, IV-5% προσθήκη)

## 8 Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια, τα τρόφιμα θεωρούνται από τους καταναλωτές όχι μόνο ως πηγή θρεπτικών ενώσεων, αλλά και ως πηγή βιοδραστικών ενώσεων που μπορεί να προσφέρουν διάφορα οφέλη στην ανθρώπινη υγεία. Λόγω της πανδημίας, όπου οι άνθρωποι αναγκάστηκαν να περάσουν μεγάλο χρονικό διάστημα στις οικείες τους και των οικονομικών επιπτώσεων αυτής, παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα πίεσης και άγχους. Για το λόγο αυτό, πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στις διατροφικές συνήθειες, οι οποίες πρέπει να περιέχουν βιοδραστικά συστατικά με αντιοξειδωτική δράση, αποτρέποντας την εμφάνιση ασθενειών όπως η κατάθλιψη, η υπέρταση, η παχυσαρκία, ο διαβήτης ή κάποιο αυτοάνοσο.

Στόχος της μελέτης ήταν να διερευνήσει την επίδραση του *Hypericum perforatum* L., γνωστό ως υπερικό (SJW), σε ένα από τα πιο κοινά και σε καθημερινή βάση τρόφιμα για κατανάλωση, το κέικ. Ο εμπλουτισμός των κέικ με σπαθόχορτο συνέβαλλε στην αύξηση των διαθέσιμων θρεπτικών ουσιών του κέικ, αυξάνοντας τη συνολική φαινολική περιεκτικότητα και την αντιοξειδωτική δράση, δημιουργώντας ταυτόχρονα ένα αποδεκτό προϊόν με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες και οι ιδιότητες υφής του κέικ επηρεάζονται σημαντικά με την προσθήκη του σπαθόχορτου. Η αύξηση του ποσοστού του σπαθόχορτου οδήγησε σε κέικ με μειωμένη σκληρότητα σε ποσοστά 1 και 3% ενώ δεν παρουσιάστηκαν μεγάλες διαφορές στην ελαστικότητα. Το χρώμα τόσο της ψίχας, όσο και της κόρας του κέικ με σπαθόχορτο ήταν πιο σκούρο, όπως επιβεβαιώθηκε τόσο με τη χρήση των οργάνων όσο και αισθητικά με τον οργανοληπτικό έλεγχο. Η προσθήκη σπαθόχορτου, επηρέασε τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων, μειώνοντας το ποσοστό του πορώδους με την αύξηση της προσθήκης, ενώ ο αριθμός των πόρων ανά cm<sup>2</sup> αυξήθηκε με την προσθήκη σπαθόχορτου, όπως αποκαλύπτεται από την ανάλυση εικόνας. Δείχνει ότι είναι εφικτό να παραχθεί κέικ εμπλουτισμένο με σπαθόχορτο, δημιουργώντας προϊόν υψηλής προστιθέμενης αξίας με επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά μέχρι ποσοστό υποκατάστασης 1%. Δεδομένου των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, συμπεραίνεται ότι ο εμπλουτισμός των αρτοσκευασμάτων με σπαθόχορτο επέφερε σημαντικές επιδράσεις στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

Η έρευνα που θα μπορούσε να συνεχιστεί μελλοντικά με:

- ✓ την μελέτη και την ποσοτικοποίηση των βιοδραστικών ουσιών μέσω της υγρής χρωματογραφίας και της φασματομετρίας μάζας (HPLC/MS)

- ✓ την μελέτη της παλαιώσης των κείκ, δεδομένου ότι το σπαθόχορτο εμφανίζει αντιμικροβιακές και αντιμυκητιασικές ιδιότητες, για τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής τους
- ✓ την μελέτη της θρεπτικής αξίας των προϊόντων και της επίδρασης της διεργασίας πάνω στα θρεπτικά συστατικά.
- ✓ την διερεύνηση των ιδιοτήτων των προϊόντων με διαφορετική αμυλούχα βάση εκτός άλευρο σίτου.
- ✓ κλινική μελέτη και παρατήρηση των αποτελεσμάτων με σκοπό την δημιουργία ενός καινοτόμου λειτουργικού τροφίμου για την καταπολέμηση του άγχους και της κατάθλιψης.



## 9 Κεφάλαιο 9: Βιβλιογραφία

Al-Dmoor, H. M. (2013) ‘Cake Flour: Functionality and Quality’, *European Scientific Journal*, 9(3), pp. 166–180. Available at: <http://www.eujournal.org/index.php/esj/article/view/740>.

Ang, C. Y. W. *et al.* (2004) ‘Instability of St. John’s wort (*Hypericum perforatum* L.) and degradation of hyperforin in aqueous solutions and functional beverage’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), pp. 6156–6164. doi: 10.1021/jf0490596.

Azwanida NN (2015) ‘A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation’, *Medicinal & Aromatic Plants*, 04(03), pp. 3–8. doi: 10.4172/2167-0412.1000196.

Barnes, J., Arnason, J. T. and Roufogalis, B. D. (2019) ‘St John’s wort (*Hypericum perforatum* L.): botanical, chemical, pharmacological and clinical advances’, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 71(1), pp. 1–3. doi: 10.1111/jphp.13053.

Beerhues, L. (2006) ‘Hyperforin’, *Phytochemistry*, 67(20), pp. 2201–2207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.08.017>.

Belwal, T. *et al.* (2018) *St. John’s Wort (Hypericum perforatum)*, *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-812491-8.00056-4.

Biesaga, M., Stafiej, A. and Pyrzynska, K. (2007) ‘Extraction and hydrolysis parameters for determination of quercetin in *Hypericum perforatum*’, *Chromatographia*, 65(11–12), pp. 701–706. doi: 10.1365/s10337-007-0204-z.

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

Borrelli, F. and Izzo, A. A. (2009) ‘Herb-drug interactions with St John’s Wort

(hypericum perforatum): An update on clinical observations', *AAPS Journal*, 11(4), pp. 710–727. doi: 10.1208/s12248-009-9146-8.

Chandan, R. C. (no date) 'Dairy Ingredients for Food Processing: An Overview', in *Dairy Ingredients for Food Processing*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 3–33. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470959169.ch1>.

Chinma, C. E., Abu, J. O. and Abubakar, Y. A. (2010) 'Effect of tigernut (*Cyperus esculentus*) flour addition on the quality of wheat-based cake', *International Journal of Food Science & Technology*, 45(8), pp. 1746–1752. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02334.x>.

Chung, O. K., Pomeranz, Y. and Finney, K. F. (1978) 'Wheat Flour Lipids in Breadmaking', *Cereal Chemistry*, pp. 598–618.

Conforti, F. *et al.* (2002) 'Antioxidant activity of methanolic extract of.pdf', *Fitoterapia*, 73, pp. 479–483.

Conforti, F. D. (2014) 'Cake Manufacture', *Bakery Products Science and Technology: Second Edition*, 9781119967, pp. 563–584. doi: 10.1002/9781118792001.ch32.

Crockett, S. L. and Robson, N. K. B. (2011) 'Taxonomy and Chemotaxonomy of the Genus *Hypericum*.', *Medicinal and aromatic plant science and biotechnology*, 5(Special Issue 1), pp. 1–13. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22662019>  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3364714>.

Curti, E. *et al.* (2014) 'Bread staling: Effect of gluten on physico-chemical properties and molecular mobility', *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), pp. 418–425. doi: 10.1016/j.lwt.2014.04.057.

Digestibility, I. V. (2020) 'foods The Effect of Bread Fortification with Whole GreenBanana Flour on Its Physicochemical , Nutritional and'.

Diprat, A. B. *et al.* (2020) 'Chlorella sorokiniana: A new alternative source of

carotenoids and proteins for gluten-free bread', *LWT*, 134(July), p. 109974. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109974.

Do, F. (2012) *POLYPROPYLENE Edited by Fatih Do ğ an*.

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

Erdelmeier, C. A. J. (1998) 'Hyperforin, possibly the major non-nitrogenous secondary metabolite of *Hypericum perforatum* L.', *Pharmacopsychiatry*, 31 Suppl 1, pp. 2–6.

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

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

Food, I. and Council, I. (2021) '2021 Food & Health Survey', *International Food Information Council*. 19 May 2021. Available at: <https://foodinsight.org/2021-food-health-survey/>.

Francenia Santos-Sánchez, N. *et al.* (2019) 'Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism', *Antioxidants*, pp. 1–28. doi: 10.5772/intechopen.85270.

Gartner, M. *et al.* (2005) 'Aristoforin, a Novel Stable Derivative of Hyperforin, Is a Potent Anticancer Agent', *ChemBioChem*, 6(1), pp. 171–177. doi: <https://doi.org/10.1002/cbic.200400195>.

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

Godefroidt, T. *et al.* (2019) 'Ingredient Functionality During Foam-Type Cake Making: A Review', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), pp.

1550–1562.

doi: 10.1111/1541-4337.12488.

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

Gonzales-Barron, U. *et al.* (2020) ‘Nutritional quality and staling of wheat bread partially replaced with Peruvian mesquite (*Prosopis pallida*) flour’, *Food Research International*, 137(August), p. 109621. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109621.

Greeson, J. M., Sanford, B. and Monti, D. A. (2001) ‘St. John’s wort (*Hypericum perforatum*): A review of the current pharmacological, toxicological, and clinical literature’, *Psychopharmacology*, 153(4), pp. 402–414. doi: 10.1007/s002130000625.

Hara, K. (2013) ‘Sensors for monitoring harmful gases and organic floating particles’, *Biochemical Sensors: Mimicking Gustatory and Olfactory Senses*, pp. 333–348. doi: 10.4032/9789814303422.

Henderson, L. *et al.* (2002) ‘St John’s wort (*Hypericum perforatum*): Drug interactions and clinical outcomes’, *British Journal of Clinical Pharmacology*, 54(4), pp. 349–356. doi: 10.1046/j.1365-2125.2002.01683.x.

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

Huang, L. *et al.* (2019) ‘Impact of tempeh flour on the rheology of wheat flour dough and bread staling’, *Lwt*, 111(November 2018), pp. 694–702. doi: 10.1016/j.lwt.2019.04.004.

Huang, L. F., Wang, Z. H. and Chen, S. L. (2014) ‘Hypericin: Chemical synthesis and biosynthesis’, *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12(2), pp. 81–88. doi: 10.1016/S1875-5364(14)60014-5.

Hutkins, R. W. (2006) ‘8 Bread Fermentation “...”, pp. 261–299.

Istikoglou, C. I., Mavreas, V. and Geroulanos, G. (2010) ‘The psychotic “continuum”’, *Psychiatrike = Psychiatriki*, 21(4), pp. 275–6. Available at:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21914609>.

Iuga, M. *et al.* (2020) ‘Impact of Dairy Ingredients on Wheat Flour Dough Rheology and Bread Properties’, *Foods*, 9(6). doi: 10.3390/foods9060828.

Izzo, A. A. (2004) ‘Drug interactions with St. John’s Wort (*Hypericum perforatum*): a review of the clinical evidence’, *International journal of clinical pharmacology and therapeutics*, 42(3), p. 139—148. doi: 10.5414/cpp42139.

Jakubczyk, A. *et al.* (2021) ‘The influence of hypericum perforatum l. Addition to wheat cookies on their antioxidant, anti-metabolic syndrome, and antimicrobial properties’, *Foods*, 10(6). doi: 10.3390/foods10061379.

Jiang, W. *et al.* (2016) ‘Quercetin protects against Okadaic acid-induced injury via MAPK and PI3K/Akt/GSK3 $\beta$  signaling pathways in HT22 hippocampal neurons’, *PLoS ONE*, 11(4), pp. 1–18. doi: 10.1371/journal.pone.0152371.

Joanne Barnes, Linda A., A. and J. D. P. (2001) ‘St John’s wort (*Hypericum perforatum* L.): A Review of its Chemistry, Pharmacology and Clinical properties’, *International Journal of Research In Phytochemical And Pharmacological Sciences*, 1(1), pp. 5–11. doi: 10.33974/ijrpps.v1i1.7.

Johne, A. *et al.* (1999) ‘Pharmacokinetic interaction of digoxin with an herbal extract from St John’s wort (*Hypericum perforatum*)’, *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 66(4), pp. 338–345. doi: 10.1053/cp.1999.v66.a101944.

Karppinen, K. (2010) *Biosynthesis of hypericins and hyperforins in Hypericum perforatum L. (St. John’s wort)—precursors and genes involved*, *Acta Universitatis Ouluensis, A Scientiae Rerum ....*

Kasper, S. *et al.* (2006) ‘Superior efficacy of St John’s wort extract WS®5570 compared to placebo in patients with major depression: A randomized, double-blind, placebo-controlled, multi-center trial [ISRCTN77277298]’, *BMC Medicine*, 4, pp. 1–13. doi: 10.1186/1741-7015-4-14.

Kenny, S. *et al.* (2000) 'Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: Effects on dough rheology and bread quality', *European Food Research and Technology*, 210(6), pp. 391–396. doi: 10.1007/s002170050569.

Kerb, R. *et al.* (1996) 'Single-dose and steady-state pharmacokinetics of hypericin and pseudohypericin', *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 40(9), pp. 2087–2093. doi: 10.1128/aac.40.9.2087.

Klemow, K. *et al.* (2011) 'Medical Attributes of St. John's Wort (*Hypericum perforatum*)', in *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. doi: 10.1201/b10787-12.

Korus, J. *et al.* (2017) 'Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread', *LWT - Food Science and Technology*, 84, pp. 143–150. doi: 10.1016/j.lwt.2017.05.046.

Kotsiou A and Tesseromatis C (2020) 'Hypericum perforatum for experimental skin burns treatment in rats in comparison to nitrofurazone', ~ 227 ~ *Journal of Medicinal Plants Studies*, 8(4), pp. 227–231. Available at: [www.plantsjournal.com](http://www.plantsjournal.com).

Kumar, A. *et al.* (2021) 'Impact of UV-C irradiation on solubility of Osborne protein fractions in wheat flour', *Food Hydrocolloids*, 110(March 2020), p. 105845. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.105845.

Kwon, S. H. *et al.* (2019) 'Suppression of 6-hydroxydopamine-induced oxidative stress by hyperoside via activation of nrf2/ho-1 signaling in dopaminergic neurons', *International Journal of Molecular Sciences*, 20(23), pp. 1–18. doi: 10.3390/ijms20235832.

Lafka, T. I. *et al.* (2011) 'Phenolic and antioxidant potential of olive oil mill wastes', *Food Chemistry*, 125(1), pp. 92–98. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.08.041.

Lai, H.-M. and Lin, T.-C. (2006) 'Bakery Products: Science and Technology', in *Bakery Products*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 3–68. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470277553.ch1>.

Lazos E. & Lazou A. (2016a) *Cereal Science & Technology*. Athens: Papazisis Publications.

Lazos E. & Lazou A. (2016b) *Επιστήμη και Τεχνολογία Σιτηρών*. Athens: Papazisis Publications.

Lazou, A. *et al.* (2023) ‘Utilization of industrial hemp by-product defatted seed flour: effect of its incorporation on the properties and quality characteristics of “tsourekí”, a rich-dough baked Greek product’, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(8), pp. 3984–3996. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12351>.

De Leyn, I. (2014) ‘Other Leavening Agents’, in *Bakery Products Science and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 175–181. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch9>.

Linde, K. (2009) ‘St. John’s Wort - An overview’, *Forschende Komplementarmedizin*, 16(3), pp. 146–155. doi: 10.1159/000209290.

Lu, T.-M. *et al.* (2010) ‘Quality and antioxidant property of green tea sponge cake’, *Food Chemistry*, 119(3), pp. 1090–1095. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.015>. Maffi, L. *et al.* (2003) ‘Morphology and development of secretory structures in *Hypericum perforatum* and *H. richeri*’, *Nordic Journal of Botany*, 23(4), pp. 453–461. doi: 10.1111/j.1756-1051.2003.tb00419.x.

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

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

McEwen, B. S. and Karatsoreos, I. N. (2019) ‘What is stress?’, *Stress Challenges and Immunity in Space: From Mechanisms to Monitoring and Preventive Strategies*, pp. 19–42.



doi: 10.1007/978-3-030-16996-1\_4.

Medina, M. A. *et al.* (2006) ‘Hyperforin: More than an antidepressant bioactive compound?’, *Life Sciences*, 79(2), pp. 105–111. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.12.027>. Mennini, T. and Gobbi, M. (2004) ‘The

antidepressant mechanism of *Hypericum perforatum*’, *Life Sciences*,

75(9), pp. 1021–1027. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.04.005>.

Mikulec, A. *et al.* (2019) ‘Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread’, *Lwt*, 102(December 2018), pp. 164–172. doi: 10.1016/j.lwt.2018.12.028.

Miller, A. L. (2001) ‘*Hypericum*’, 3(1).

Miranda-Ramos, K. C., Sanz-Ponce, N. and Haros, C. M. (2019) ‘Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour’, *LWT*, 114, p. 108418. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108418>.

Mondal, A. and Datta, A. K. (2008) ‘Bread baking – A review’, *Journal of Food Engineering*, 86(4), pp. 465–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>.

Mordor Intelligence (no date a) *BAKERY INGREDIENTS MARKET - GROWTH, TRENDS, AND FORECASTS (2019 - 2024)*. Available at:

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-bakery-ingredients-market-industry>.

Mordor Intelligence (no date b) *BAKERY PRODUCTS MARKET - GROWTH, TRENDS, COVID-19 IMPACT, AND FORECASTS (2021 - 2026)*. Available at:

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bakery-products-market>.

Mullaicharam, A. and Halligudi, N. (2018) ‘St John’s wort (*Hypericum perforatum* L.): A Review of its Chemistry, Pharmacology and Clinical properties’, *International Journal of Research In Phytochemical And Pharmacological Sciences*, 1(1), pp. 5–11. doi: 10.33974/ijrpps.v1i1.7.

Mustafa, R. *et al.* (2018) ‘Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake’, *International Journal of Food Science and Technology*, 53(10), pp. 2247–2255. doi: 10.1111/ijfs.13813.

Nahrstedt, A. (1997) ‘Biologically active and other chemical constituents of the herb of *Hypericum perforatum* L’, *Pharmacopsychiatry*, 30(SUPPL. 2), pp. 129–134. doi: 10.1055/s-2007-979533.

Natmed Medical (no date) *Hypericum perforatum* (Βαλσαμόχορτο). Available at: <http://3lyk-n-filad.att.sch.gr/secret/botana/3Fyta/FBalsamoxorto/Balsamo.html>.

Novelli, M. *et al.* (2020) ‘Protective role of st. John’s wort and its components hyperforin and hypericin against diabetes through inhibition of inflammatory signaling: Evidence from in vitro and in vivo studies’, *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), pp. 1–35. doi: 10.3390/ijms21218108.

Orčić, D. Z. *et al.* (2011) ‘Antioxidant activity relationship of phenolic compounds in *Hypericum perforatum* L.’, *Chemistry Central Journal*, 5(1), pp. 1–8. doi: 10.1186/1752-153X-5-34.

Oreopoulou, V. (2006) ‘Fat Replacers’, in *Bakery Products*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 193–210. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470277553.ch10>.

Öztürk, N., Korkmaz, S. and Öztürk, Y. (2007) ‘Wound-healing activity of St. John’s Wort (*Hypericum perforatum* L.) on chicken embryonic fibroblasts’, *Journal of Ethnopharmacology*, 111(1), pp. 33–39. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.029>.

Panche, A. N., Diwan, A. D. and Chandra, S. R. (2016) ‘Flavonoids: An overview’, *Journal of Nutritional Science*, 5. doi: 10.1017/jns.2016.41.

Papageorgiou, M. *et al.* (2020) ‘Cake perception, texture and aroma profile as affected by wheat flour and cocoa replacement with carob flour’, *Foods*, 9(11). doi: 10.3390/foods9111586.

Patočka, J. (2003) ‘The chemistry, pharmacology, and toxicology of the biologically

active constituents of the herb *Hypericum perforatum* L.', *Journal of Applied Biomedicine*, 1(2), pp. 61–70. doi: 10.32725/jab.2003.010.

Petrusha, O., Daschynska, O. and Shulika, A. (2017) 'Development of the measurement method of porosity of bakery products by analysis of digital image', *Technology audit and production reserves*, 2(3(40)), pp. 61–66. doi: 10.15587/2312-8372.2018.129520.

*Pharmacognosy* (2009).

Poitout, V. *et al.* (2006) 'Recent Advances in Nutritional Sciences', *J. Nutr*, 136, pp. 873–876.

Pojić, M. *et al.* (2015) 'Bread Supplementation with Hemp Seed Cake: A By-Product of Hemp Oil Processing', *Journal of Food Quality*, 38(6), pp. 431–440. doi: 10.1111/jfq.12159. Pokorný, J. (1991) 'Natural antioxidants for food use', *Trends in Food Science and Technology*, 2(C), pp. 223–227. doi: 10.1016/0924-2244(91)90695-F.

Pokorný, J. and Korczak, J. (2010) 'Preparation of natural antioxidants', *Antioxidants in food*, pp. 311–330. doi: 10.1533/9781855736160.4.311.

Poojar, B. *et al.* (2017) 'Methodology Used in the Study', *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7(10), pp. 1–5. doi: 10.4103/jpbs.JPBS.

Porzel, A. *et al.* (2014) 'Metabolite profiling and fingerprinting of *Hypericum* species: A comparison of MS and NMR metabolomics', *Metabolomics*, 10(4), pp. 574–588. doi: 10.1007/s11306-013-0609-7.

Process, C. (2000) 'YEAST', 2(17).

Rezvani, A. H. *et al.* (1999) 'Attenuation of alcohol intake by extract of *Hypericum perforatum* (St John's Wort) in two different strains of alcohol-preferring rats', *Alcohol and Alcoholism*, 34(5), pp. 699–705. doi: 10.1093/alcalc/34.5.699.

Rezvani, A. H., Parsian, A. and Overstreet, D. H. (2002) 'The Fawn-Hooded (FH/Wjd)rat: a genetic animal model of comorbid depression and alcoholism', *Psychiatric*

*genetics*, 12(1), p. 1—16. doi: 10.1097/00041444-200203000-00001.

Rocha, L. *et al.* (1995) ‘Antibacterial phloroglucinols and flavonoids from *Hypericum brasiliense*’, *Phytochemistry*, 40(5), pp. 1447–1452. doi: 10.1016/0031-9422(95)00507-4.

Rodríguez-García, J., Sahi, S. S. and Hernando, I. (2014) ‘Optimizing mixing during the sponge cake manufacturing process’, *Cereal Foods World*, 59(6), pp. 287–292. doi: 10.1094/CFW-59-6-0287.

Saddiqe, Z., Naeem, I. and Maimoona, A. (2010) ‘A review of the antibacterial activity of *Hypericum perforatum* L.’, *Journal of Ethnopharmacology*, 131(3), pp. 511–521. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.07.034>.

Sadeer, N. B. *et al.* (2020) ‘The versatility of antioxidant assays in food science and safety—chemistry, applications, strengths, and limitations’, *Antioxidants*, 9(8), pp. 1–39. doi: 10.3390/antiox9080709.

Sánchez-Muniz, F. J. *et al.* (2012) ‘Antioxidant activity of *Hypericum perforatum* L. extract in enriched n-3 PUFA pork meat systems during chilled storage’, *Food Research International*, 48(2), pp. 909–915. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.002>.

Sánchez-Reus, M. I. *et al.* (2007) ‘Standardized *Hypericum perforatum* reduces oxidative stress and increases gene expression of antioxidant enzymes on rotenone-exposed rats’, *Neuropharmacology*, 52(2), pp. 606–616. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2006.09.003>.

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

Schmidt, B. *et al.* (2008) ‘A natural history of botanical therapeutics’, *Metabolism: Clinical and Experimental*, 57(SUPPL. 1), p. S3. doi: 10.1016/j.metabol.2008.03.001.

Series, R. (2001) ‘Book Review: Packaging Materials. Polyethylene Terephthalate (PET) for Food Packaging Applications’, *Food Science and Technology International*, 7(2), pp. 186–186. doi: 10.1177/108201320100700217.

Setyaningsih, D. N. *et al.* (2019) ‘The influence of baking duration on the sensory quality and the nutrient content of mung bean biscuits’, *Food Research*, 3(6), pp. 777–782. doi:10.26656/fr.2017.3(6).089.

Shahidi, F. and Zhong, Y. (2015) ‘Measurement of antioxidant activity’, *Journal of Functional Foods*, 18, pp. 757–781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047>.

Shirley, B. W. (1996) ‘Flavonoid biosynthesis: “new” functions for an “old” pathway’, *Trends in Plant Science*, 1(11), pp. 377–382. doi: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(96\)80312-8](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(96)80312-8).

Silva, A. R. *et al.* (2021) ‘Hypericum genus cosmeceutical application – A decade comprehensive review on its multifunctional biological properties’, *Industrial Crops and Products*, 159, p. 113053. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113053>.

Singh, K. (2016) ‘Nutrient and Stress Management’, *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(4). doi: 10.4172/2155-9600.1000528.

Smelcerovic, A., Spiteller, M. and Zuehlke, S. (2006) ‘Comparison of methods for the exhaustive extraction of hypericins, flavonoids, and hyperforin from *Hypericum perforatum* L.’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7), pp. 2750–2753. doi: 10.1021/jf0527246.

Smith, J. P. *et al.* (2004) ‘Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products—A Review’, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1), pp. 19–55. doi: 10.1080/10408690490263774.

SMITH, P. R. and JOHANSSON, J. (2004) ‘INFLUENCES OF THE PROPORTION OF SOLID FAT IN A SHORTENING ON LOAF VOLUME AND STALING OF BREAD’, *Journal of Food Processing and Preservation*, 28(5), pp. 359–367. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2004.23079.x>.

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

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

Song, K. Y. *et al.* (2017) ‘Effects of basil (*Ocimum Basilicum* L.) seed mucilage substituted for fat source in sponge cake: Physicochemical, structural, and retrogradation properties’, *Italian Journal of Food Science*, 29(4), pp. 681–696.

Song, Y. and Zheng, Q. (2007) ‘Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins’, *Trends in Food Science & Technology*, 18(3), pp. 132–138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.11.003>.

Stauffer, C. E. (1993) ‘Advanced in Baking Technology’.

Stevinson, C. and Ernst, E. (1999) ‘Hypericum for depression: An update of the clinical evidence’, *European Neuropsychopharmacology*, 9(6), pp. 501–505. doi: [10.1016/S0924-977X\(99\)00032-2](https://doi.org/10.1016/S0924-977X(99)00032-2).

Süntar, I. P. *et al.* (2010) ‘Investigations on the in vivo wound healing potential of *Hypericum perforatum* L.’, *Journal of Ethnopharmacology*, 127(2), pp. 468–477. doi: [10.1016/j.jep.2009.10.011](https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.10.011).

Švec, I. and Hrušková, M. (2013) ‘Crumb evaluation of bread with hemp products addition by means of image analysis’, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(6), pp. 1867–1872. doi: [10.11118/actaun201361061867](https://doi.org/10.11118/actaun201361061867).

Szkudlarz, P. *et al.* (2019) ‘Seed morphology and anatomy of *Hypericum majus* (A. Gray) Britton’, *Biodiversity Research and Conservation*, 55(1), pp. 7–14. doi: [10.2478/biorc-2019-0013](https://doi.org/10.2478/biorc-2019-0013).

Takeda, E. *et al.* (2004) ‘Stress control and human nutrition’, *Journal of Medical Investigation*, 51(3–4), pp. 139–145. doi: [10.2152/jmi.51.139](https://doi.org/10.2152/jmi.51.139).

Temerdashev, Z. *et al.* (2020) ‘STABILITY OF SOME BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN EXTRACTS AND PREPARATIONS BASED ON ST. JOHN’S WORT (*HYPERICUM PERFORATUM* L.) AND SAGE (*SALVIA OFFICINALIS* L.)’, *Industrial Crops and Products*, 156, p. 112879. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112879>.

Theodossiou, Theodossis A *et al.* (2009) ‘The multifaceted photocytotoxic profile of hypericin.’, *Molecular pharmaceuticals*, 6 6, pp. 1775–1789.

Theodossiou, Theodossis A. *et al.* (2009) ‘The multifaceted photocytotoxic profile of hypericin’, *Molecular Pharmaceutics*, 6(6), pp. 1775–1789. doi: 10.1021/mp900166q.

Veraverbeke, W. S. and Delcour, J. A. (2002) ‘Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality’, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(3), pp. 179–208. doi: 10.1080/10408690290825510.

Wach, A., Pyrzyńska, K. and Biesaga, M. (2007) ‘Quercetin content in some food and herbal samples’, *Food Chemistry*, 100(2), pp. 699–704. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.10.028. Wilderjans, E. *et al.* (2008) ‘The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends’, *Food Chemistry*, 110(4), pp. 909–915. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.02.079.

Wilderjans, E. *et al.* (2013) ‘Ingredient functionality in batter type cake making’, *Trends in Food Science & Technology*, 30(1), pp. 6–15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.01.001>.

Wölfle, U., Seelinger, G. and Schempp, C. M. (2014) ‘Topical application of St John’swort (*Hypericum perforatum*)’, *Planta Medica*, 80(2–3), pp. 109–120. doi: 10.1055/s-0033-1351019.

Wynn, J. L. and Cotton, T. M. (1995) ‘Spectroscopic properties of hypericin in solution and at surfaces’, *Journal of Physical Chemistry*, 99(12), pp. 4317–4323. doi: 10.1021/j100012a063.

Yen, G. C. and Duh, P. Der (1994) ‘Scavenging Effect of Methanolic Extracts of PeanutHulls on Free-Radical and Active-Oxygen Species’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(3), pp. 629–632. doi: 10.1021/jf00039a005.

Zhao, J., Liu, W. and Wang, J. C. (2015) ‘Recent advances regarding constituents and bioactivities of plants from the genus hypericum’, *Chemistry and Biodiversity*, 12(3), pp.





349. doi: 10.1002/cbdv.201300304.

Zhou, W., Therdthai, N. and Hui, Y. H. (2014) ‘Introduction to Baking and Bakery Products’, in *Bakery Products Science and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 1–16. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch1>.

Złotek, U. (2018) ‘Antioxidative, potentially anti-inflammatory, and antidiabetic properties, as well as oxidative stability and acceptability, of cakes supplemented with elicited basil’, *Food Chemistry*, 243(September 2017), pp. 168–174. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.129.

Zou, Y., Lu, Y. and Wei, D. (2004) ‘Antioxidant activity of a flavonoid-rich extract of *Hypericum perforatum* L. in vitro’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), pp. 5032–5039. doi: 10.1021/jf049571r.

Αγροσύμβουλος (2022) *Καλλιέργεια Βαλσαμόχορτου*. Available at: <https://agrosimvoulos.gr/kalliergeia-valsamoxortou-kalliergitikes-texnikes/>.

Αθανασιάδη, Ν. and Κασσεσιάν, Γ. (2016) ‘Stress Και Διατροφική Συμπεριφορά’.

Ιστίκογλου, Χ. (2008) ‘Ιστορία και θεραπευτικές ιδιότητες του *Hypericum Perforatum* από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα’.

Κορρέ, Ν. (2017) ‘«ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΑΛΟΗΣ ΚΑΙ ΒΑΛΣΑΜΟΛΑΔΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΡΕΑΤΟΣ ΚΟΤΟΠΟΥΛΟΥ»’, pp. 1–102.

Mordorintelligence (no date) ‘No Title’. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bakery-products-market>.

Μανώλης Μιτάκης (2020) ‘Η Εθνοφαρμακολογία του υπερικού’, 21(1), pp. 1–9. Available at: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>.

Μαργαρίτα Πανδή (2020) ‘Μελέτη αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τροφίμων της οικογένειας Fabaceae της Λήμνου’.

Μητρούση, Σ. *et al.* (2013) ‘Θεωρίες άγχους: Μία κριτική ανασκόπηση’, pp. 21–27.

Available at: [http://journal-ene.gr/wp-content/uploads/2013/07/tomos5\\_teychos2.pdf](http://journal-ene.gr/wp-content/uploads/2013/07/tomos5_teychos2.pdf).

Μισερλή, Ε. and Φιλιππάτου, Μ. (2018) ‘Συσχέτιση της κατανάλωσης Λειτουργικών Τροφίμων και της υιοθέτησης της Μεσογειακής Διατροφής με δείκτες αυτοεκτίμησης, άγχους και κατάθλιψης σε δείγμα υγείων εθελοντών’.

Παππά, Σ. (2006) ‘ΑΝΤΙΚΑΤΑΘΛΙΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΥΠΕΡΙΚΟΥ ΧΕΛΩΝΟΧΟΡΤΟΥ (ΒΑΛΣΑΜΟ) ΤΗΣ ΗΠΕΙΡΟΥ’.

Σαλή, Ι. (2022) *Οξειδωτικό στρες: Τι είναι, συμπτώματα και αντιμετώπιση*. Available at: <https://www.vita4you.gr/blog-vita4you/el/item/oxeidotiko-stres-ti-einai-symptomata-kai-antimetopisi.html>.