



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: Επίδραση της τυποποίησης.**

MSc Thesis

**Development of stress relief novel foods: Effect of formulation**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Αναστασιάδης Γεώργιος  
Anastasiadis Georgios

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Λάζου Ανδριάννα  
Lazou Andriana

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2023

## Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

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: Επίδραση της τυποποίησης.’, που παρουσιάστηκε από τον Αναστασιάδη Γεώργιο, υποψηφίου για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Όνομα επιβλέποντος: Α. Λάζου

Ημερομηνία

Ψηφιακή Υπογραφή

Όνομα μέλους επιτροπής: Α. Κανέλλου

Ημερομηνία

Ψηφιακή Υπογραφή

Όνομα μέλους επιτροπής: Ε. Στρατή

Ημερομηνία

Ψηφιακή Υπογραφή

### Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Αναστασιάδης Γεώργιος

Ευχαριστίες

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

Η ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την υποστήριξη της καθηγήτριάς μου, Κας Λάζου Ανδριάνας. Θα ήθελα να της εκφράσω τις ευχαριστίες μου για τη βοήθεια που μου προσέφερε τόσο στο προπτυχιακό πρόγραμμα όσο και στο μεταπτυχιακό. Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τις Προβατά Ταρσία (Μεταπτυχιακή φοιτήτρια) και Τσομπανίδου Έριδα (Προπτυχιακή φοιτήτρια) για την άριστη συνεργασία που είχαμε στα πλαίσια εκπόνησης αυτής της εργασίας. Ευχαριστώ πολύ, επίσης την Σταυροπούλου Ναταλία (Διδακτορική φοιτήτρια), για την όμορφη επικοινωνία που είχαμε όλο αυτό το διάστημα. Ευχαριστώ πολύ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, Κα Α. Κανέλλου και την Κα Ε. Στρατή. Επίσης εκφράζω θερμές ευχαριστίες στην Κα Σινάνογλου για την παραχώρηση του εργαστηρίου και του φασματοφωτόμετρου.

Ευχαριστώ πολύ την εταιρία Μύλοι Μάρρα Α.Ε. για την ευγενική 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.

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση όσον αφορά το ενδιαφέρον και την προσοχή των καταναλωτών στη διατροφή τους. Αυτοί απευθύνονται σε πιο υγιεινές επιλογές με αποδεδειγμένα οφέλη για την υγεία. Η προσθήκη σπαθόχορτου (υπερικό) σε διάφορες τυποποιήσεις τροφίμων είναι μια δημοφιλής τάση μεταξύ των κατασκευαστών τροφίμων, καθώς επιδιώκουν να βελτιώσουν τη θρεπτική αξία των προϊόντων τους. Το βότανο του Αγίου Ιωάννη (σπαθόχορτο) είναι ένα φυσικό βότανο που έχει χρησιμοποιηθεί για αιώνες ως παραδοσιακό φάρμακο για τη θεραπεία της κατάθλιψης, του άγχους και άλλων παθήσεων υγείας. Ωστόσο, υπάρχει περιορισμένη έρευνα σχετικά με την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της κατανάλωσης του σπαθόχορτου σε προϊόντα διατροφής, συμπεριλαμβανομένων των γλυκών αρτοσκευασμάτων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία στόχευε στην παρασκευή λειτουργικών, καινοτόμων και εμπλουτισμένων γλυκών αρτοσκευασμάτων (μπισκότων) με άλεσμα σπαθόχορτου σε ποσοστά 0%, 1%, 3% και 5%. Στόχος ήταν η μελέτη της επίδρασης του ποσοστού προσθήκης αλέσματος υπερικού στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μπισκότων, συμπεριλαμβανομένων των γεωμετρικών, μορφολογικών, μηχανικών (σκληρότητα, ευθραστότητα), φυσικοχημικών (υγρασία, ενεργότητα ύδατος) ιδιοτήτων και το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο αλλά και η αντιοξειδωτική δράση του τελικού προϊόντος.

Μελετώντας τις μηχανικές ιδιότητες των διαφορετικών τυποποιήσεων παρατηρήθηκε αύξηση της σκληρότητας και ευθραστότητας των μπισκότων με αύξηση του ποσοστού προσθήκης του υπερικού. Ταυτόχρονα η αύξηση του ποσοστού αλέσματος υπερικού επέφερε αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας και της ενεργότητας ύδατος των προϊόντων. Επιπροσθέτως, η προσθήκη αλέσματος υπερικού συνέβαλε στην αύξηση τόσο του συνολικού φαινολικού περιεχομένου όσο και της αντιοξειδωτικής δράσης σε όλες τις τυποποιήσεις. Η επίδραση του αλέσματος υπερικού στο χρώμα του των τυποποιήσεων ήταν εμφανής, προκαλώντας μείωση της φωτεινότητας (παράμετρος  $L^*$ ) των προϊόντων. Τέλος με την βοήθεια του λογισμικού Image Analysis προσδιορίστηκαν τα γεωμετρικά αλλά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των μπισκότων. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η προσθήκη αλέσματος υπερικού σε ποσοστό έως και 3%, οδηγεί σε παραγωγή μπισκότων με αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά και βελτιωμένο διατροφικό περιεχόμενο και εν δυνάμει μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λειτουργικά τρόφιμα για την ανακούφιση του άγχους των καταναλωτών.

## **Abstract**

In recent years, there has been an increasing trend in consumer interest and attention to their diet. Consumers are turning to healthier options with proven health benefits. Adding St. John's wort to cookies is a popular trend among food manufacturers as they seek to improve the nutritional value of their products. St. John's wort is a natural herb that has been used for centuries as a traditional remedy for depression, anxiety, and other health conditions. However, there is limited research on the safety and effectiveness of consuming St. John's wort in food products, including cookies.

The aim of this thesis was to prepare functional, innovative, and enriched cookies with St. John's wort flour at concentrations of 0%, 1%, 3%, and 5%. The objective was to study the geometric, morphological, mechanical (hardness, brittleness), physicochemical (moisture, water activity), properties and the total phenolic content as well as the antioxidant activity of the final product.

Studying the mechanical properties of the different formulations, an increase in the hardness and brittleness of the biscuits was observed. At the same time, the increase in the percentage of the St. John's wort flour led to an increase in the moisture content and water activity. Additionally, the addition of Saint John's wort (sjw) flour contributed to an increase in both the total phenolic content and the antioxidant activity in all formulations. The effect of the sjw flour on the color of the formulations was evident, causing a decrease in brightness (parameter L\*) of the products. Finally, with the help of the Image Analysis software, the geometric and morphological characteristics of the biscuits were studied. Based on the results of this thesis, the addition of sjw flour is feasible, leading in a production of biscuits with acceptable quality characteristics and improved nutritional content and they can potentially be used as functional food to relieve consumer anxiety.

## Contents

1	Εισαγωγή.....	9
2	Λειτουργικά τροφίμα.....	11
2.1	Πανδημία COVID-19.....	12
2.2	Τα μπισκότα ως λειτουργικά τρόφιμα.....	14
3	Σπαθόχορτο.....	16
3.1	Ιστορική αναδρομή σπαθόχορτου.....	17
3.2	Δραστικές ουσίες σπαθόχορτου.....	18
3.3	Αντιοξειδωτική δράση των φυτοχημικών του σπαθόχορτου – επίδραση στο οξειδωτικό στρες και στη φλεγμονή.....	22
3.4	Οι επιδράσεις του σπαθόχορτου και των συστατικών του στις ψυχικές διαταραχές.....	23
3.5	Μηχανισμοί δράσεις του σπαθόχορτου.....	24
3.5.1	Αναστολή των μονοαμινοξειδασών.....	24
3.5.2	Αναστολή της συναπτοσωματικής επαναπρόσληψης αμινών.....	24
3.5.3	Επιδράσεις στους μεταφορείς μονοαμινών.....	25
3.5.4	Επιδράσεις στους υποδοχείς σεροτονίνης.....	26
3.5.5	Κίνδυνοι κατά την χορήγηση σπαθόχορτου.....	27
3.5.6	Μηχανισμός δράσης των αλληλεπιδράσεων των συστατικών σπαθόχορτου.....	28
3.5.7	Φαρμακοκινητική των συστατικών του σπαθόχορτου.....	30
3.5.8	Αλληλεπίδραση με άλλα φαρμακευτικά φυτά.....	30
4	Επιδράσεις του σπαθόχορτου και των συστατικών του στις διαταραχές άγχους.....	32
4.1	Προκλινικές μελέτες.....	32
4.2	Κλινικές δοκιμές.....	32
4.3	Ιδιοψυχαναγκαστική διαταραχή.....	33
4.4	Κοινωνική αγχώδης διαταραχή.....	33
4.5	Το σπαθόχορτο στην καταπολέμηση του SARS-CoV-2.....	34
4.6	Κονιοποιημένη μορφή του σπαθόχορτου.....	36
4.7	Το σπαθόχορτο ως συστατικό λειτουργικών προϊόντων μπισκότου.....	37
5	Γλυκά αρτοσκευάσματα.....	41
5.1	Εισαγωγή.....	41
5.2	Ταξινόμηση μπισκότων.....	41
5.3	Συστατικά των μπισκότων και λειτουργικές τους ιδιότητες.....	42
5.3.1	Αλεύρι σίτου.....	42
5.3.2	Ζάχαρη.....	43
5.3.3	Λίπη, έλαια και γαλακτωματοποιητές.....	44
5.3.4	Νερό.....	45

5.3.5	Διογκωτικοί Παράγοντες.....	46
5.3.6	Μικρο-συστατικά.....	47
5.4	Ανάμιξη συστατικών και σχηματισμός ζυμαριού .....	48
5.4.1	Μορφοποίηση .....	49
5.4.2	Κλιβανισμός.....	49
5.4.3	Παράγοντες εξάπλωσης του ζυμαριού κατά τον κλιβανισμό.....	50
5.4.4	Ψύξη.....	51
5.4.5	Συσκευασία .....	51
6	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	53
6.1	Σκοπός.....	53
6.2	Υλικά .....	53
6.3	Πειραματική διαδικασία.....	54
6.4	Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων .....	56
6.5	Προσδιορισμός της ενεργότητας ύδατος.....	56
6.6	Προσδιορισμός Συντελεστή εξάπλωσης (Spread factor) .....	56
6.7	Προσδιορισμός του χρώματος των αρτοσκευασμάτων.....	56
6.8	Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων.....	57
6.9	Προσδιορισμός ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης .....	59
6.10	Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων .....	61
6.11	Στατιστική επεξεργασία.....	61
7	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	62
7.1	Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων .....	62
7.2	Αποτελέσματα χρώματος .....	62
7.3	Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής .....	63
7.4	Αποτελέσματα ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης .....	64
7.5	Αποτελέσματα Image Analysis.....	65
7.6	Αποτελέσματα Συντελεστή εξάπλωσης.....	67
8	Συμπεράσματα .....	68
9	Βιβλιογραφία.....	70



## 1 Εισαγωγή

Τα αρτοσκευάσματα και ιδιαίτερα τα μπισκότα είναι ένα δημοφιλές σνακ που απολαμβάνουν οι άνθρωποι σε καθημερινή βάση σε όλο τον κόσμο, καθιστώντας τα πρωταρχικές επιλογές. Στα προϊόντα αρτοποιίας σύμφωνα με έρευνα αναμένεται να υπάρξει αύξηση τους 6,12% την πενταετία 2022-2027 σε παγκόσμια κλίμακα (Mordor Intelligence, 2021). Πολλοί παρασκευαστές τροφίμων αναζητούν πάντα τρόπους να βελτιώσουν τη θρεπτική αξία των προϊόντων τους. Η ταυτόχρονη αύξηση της ζήτησης λόγω των πρόσφατων συνθηκών της πανδημίας που επέφερε τον αποκλεισμό (lockdown) των ανθρώπων στο σπίτι και των απαιτήσεων των καταναλωτών είναι οι λόγοι δημιουργίας νέων λειτουργικών τροφίμων αρτοποιίας (Alkhatib, 2020).

Ένας από τους τρόπους που επιτυγχάνεται αυτό είναι προσθέτοντας διαφορετικά φυσικά συμπληρώματα σε προϊόντα, όπως τα μπισκότα τους, τα οποία περιέχουν βιοδραστικές ουσίες, όπως τα διάθορα θεραπευτικά φυτά και τα εκχύλισματά τους. Η σημασία αυτών των ουσιών συνδέεται με την προώθηση της υγείας και τη μείωση του κινδύνου διαφόρων ασθενειών. Συνολικά, ένα τρόφιμο θεωρείται λειτουργικό όταν περιέχει γνωστές ή άγνωστες βιολογικά δραστικές ενώσεις, οι οποίες σε συγκεκριμένες και αποτελεσματικές, μη τοξικές ποσότητες παρέχουν κλινικά αποδεδειγμένο και τεκμηριωμένο όφελος για την υγεία, την πρόληψη, τη διαχείριση ή τη θεραπεία χρόνιας νόσου (Frassinetti *et al.*, 2018).

Το βότανο του Αγίου Ιωάννη (σπαθόχορτο) είναι ένα φυσικό βότανο που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια ως παραδοσιακό φάρμακο για τη θεραπεία πολλών παθήσεων. Το σπαθόχορτο, ένα φυτό ιθαγενές στην Ευρώπη, χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες για τη θεραπεία διαφόρων καταστάσεων, συμπεριλαμβανομένης της κατάθλιψης. Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση του σπαθόχορτου για την κατάθλιψη χρονολογείται από την αρχαία Ελλάδα, όπου χρησιμοποιούνταν για τη θεραπεία νευρικών διαταραχών. Στη σύγχρονη εποχή, το σπαθόχορτο κέρδισε δημοτικότητα τη δεκαετία του 1990 ως φυσική εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά αντικαταθλιπτικά φάρμακα. Η έρευνα για το σπαθόχορτο ως θεραπεία για την κατάθλιψη ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970 και έκτοτε έχουν διεξαχθεί διάφορες κλινικές δοκιμές για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του. Ενώ ορισμένες μελέτες έχουν προτείνει ότι το σπαθόχορτο μπορεί να είναι μια αποτελεσματική θεραπεία για τον Covid-19, την ήπια έως μέτρια κατάθλιψη, η αποτελεσματικότητά του για τη σοβαρή κατάθλιψη είναι ακόμα ασαφής. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το σπαθόχορτο μπορεί να αλληλεπιδράσει με ορισμένα φάρμακα και μπορεί να προκαλέσει παρενέργειες, όπως ξηροστομία, ζάλη και γαστρεντερικά συμπτώματα (Sarris *et al.*, 2011, Linde, Mm and Kriston, 2008).

Το σπαθόχορτο μπορεί να αξιοποιηθεί και αφενός ως εκχύλισμα αφομοιώνοντας το στο

εκάστοτε αρτοσκεύασμα, αφετέρου υπό μορφή αλέσματος. Και οι δύο μορφές περιέχουν βιοδραστικές ουσίες (υπερικίνη, υπερφορίνη, φαινολικές και αντιοξειδωτικές ουσίες) που ενσωματώνονται στο τελικό προϊόν (Maisenbacher and Kovar, 1992). Οι μηχανισμοί δράσης του σπαθόχορτου κατά της ήπιας κατάθλιψης εμφανίζουν κοινά σημεία με τα ήδη γνωστά αντικαταθλιπτικά φάρμακα και συνοψίζονται στα εξής: αναστολή των μονοαμινοξειδασών, στην αναστολή της συναπτοσωματικής επαναπρόσληψης αμινών, στις επιδράσεις στους μεταφορείς μονοαμινών και στις επιδράσεις στους υποδοχείς σεροτονίνης. Όσον αφορά τις αγχώδεις διαταραχές, υπάρχουν πεπερασμένες έρευνες και στοιχεία. Συγκεκριμένα το σπαθόχορτο μεμονομένο ή με την ταυτόχρονη χορήγηση άλλης ουσίας μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην μείωση του άγχους ή στην βελτίωση μερικών παθήσεων όπως η ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή ή η κοινωνική αγχώδης διαταραχή (Coleta et al., 2001, Kobak et al., 2005).

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρασκευή καινοτόμου προϊόντος αρτοποιίας (μπισκότα) με προσθήκη αλέσματος σπαθόχορτου σε αναλογίες 0%, 1%, 3% και 5% με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και αναβαθμισμένη διατροφική αξία. Για το λόγο αυτό θα μελετηθούν οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τη ποιότητα, συμπεριλαμβανομένων των μηχανικών, των φυσικοχημικών (ενεργότητα ύδατος, υγρασία, ολικά φαινολικά, αντιοξειδωτική δράση), του χρώματος, και των μορφολογικών χαρακτηριστικών.

## 2 Λειτουργικά τρόφιμα

Η συστηματική κατανάλωση λειτουργικών τροφίμων συνιστάται ως τρόπος μείωσης του επιπολασμού χρόνιων προβλημάτων υγείας. Οι καταναλωτές έχουν ανταποκριθεί στην αγορά και κατανάλωση των λειτουργικών τροφίμων, το οποίο έχει αυξήσει το μέγεθος της αγοράς. Τα τελευταία δέκα χρόνια, η έρευνα για τα λειτουργικά τρόφιμα έχει αυξηθεί γρήγορα, αλλά λίγες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη βιοδιαθεσιμότητα των δραστικών συστατικών σε κλινικό επίπεδο. Λόγω της εκτεταμένης χρήσης τους, τα αρτοσκευάσματα, όπως το ψωμί, τα μπισκότα και τα κέικ είναι δημοφιλείς κατηγορίες για καινοτομία. Οι οργανοληπτικές ιδιότητες των τελικών προϊόντων και, κατά συνέπεια, η αποδοχή των καταναλωτών έχουν συχνά επηρεαστεί από αυτές τις νέες εξελίξεις. Ο συνδυασμός βιοδραστικών ουσιών θα μπορούσε να καλύψει αυτό το μειονέκτημα. Ωστόσο, η γνώση της συμμετοχής του μικροβιώματος στην υγεία έχει δείξει ότι είναι απίθανο τα λειτουργικά γεύματα να έχουν ομοιόμορφα υψηλό επίπεδο αποτελεσματικότητας σε ολόκληρο τον πληθυσμό. Είναι πιθανό να χρειαστούν περισσότερα στοιχεία για τη βιοδιαθεσιμότητα των δραστικών συστατικών, την κλινική αποτελεσματικότητα και την υποστήριξη ισχυρισμών υγείας από ρυθμιστικές αρχές, ιδίως στην ΕΕ, για να αναπτυχθεί περαιτέρω ο τομέας των λειτουργικών τροφίμων (Birch and Bonwick, 2019).

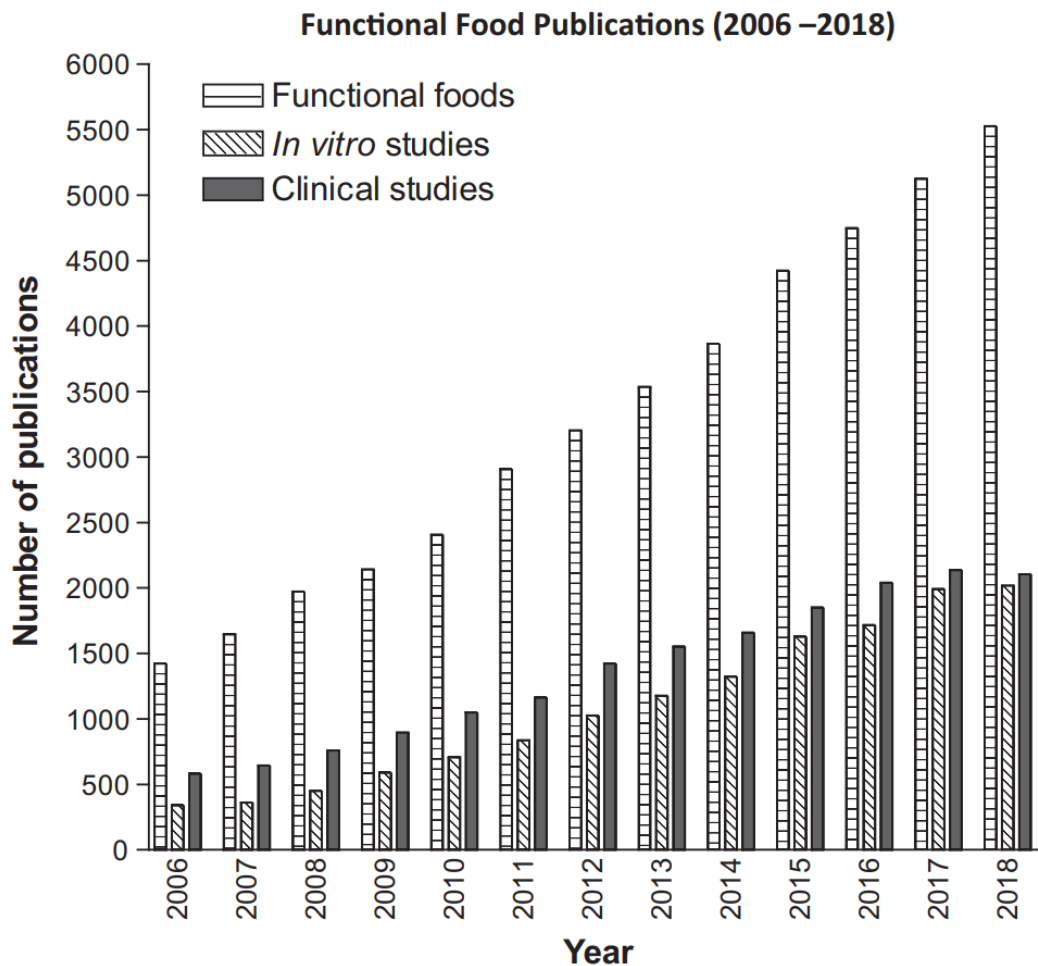
Ένα τρόφιμο μπορεί να θεωρηθεί λειτουργικό εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι διαθέτει τεκμηριωμένες θετικές διατροφικές επιδράσεις και να επηρεάζει μία ή περισσότερες στοχευόμενες ανθρώπινες σωματικές διεργασίες με τρόπο που σχετίζεται είτε με μια καλύτερη κατάσταση υγείας και ευεξίας είτε με μειωμένο κίνδυνο ασθένειας. Σύμφωνα με τους Manach et al. (2017), Padayachee et al. (2017) και Shlisky et al. (2017), η διατροφή θεωρείται ότι συνδέεται στενά με μια ποικιλία παθήσεων και με σημαντικές καταστάσεις χρόνιων ασθενειών που σχετίζονται με την ηλικία. Σαν αποτέλεσμα, τα λειτουργικά τρόφιμα που περιέχουν ευεργετικές ενώσεις που σχετίζονται με την υγεία έχουν γίνει κύριος στόχος για τους ερευνητές και τη βιομηχανία τροφίμων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί η επέκταση των δημοσιευμένων ερευνητικών εργασιών τα τελευταία χρόνια στον τομέα της δημιουργίας λειτουργικών τροφίμων. Το Διάγραμμα 2.1 απεικονίζει την εξέλιξη της δημοσιευμένης έρευνας από το 2006 μέχρι το 2018, ακριβώς πριν την έναρξη της πανδημίας COVID-19. Φαίνεται ξεκάθαρα ο αυξανόμενος αριθμός δημοσιεύσεων, υποδηλώνοντας μια σταθερή αύξηση του επιστημονικού ενδιαφέροντος για την ανάπτυξη αυτών των προϊόντων. Οι αναθεωρημένες εργασίες σχετικά με το θέμα της παραγωγής λειτουργικών τροφίμων έχουν αυξηθεί κατά περίπου 350% από το 2006,

καταδεικνύοντας μια συνεχή αύξηση του επιστημονικού ενδιαφέροντος για τη δημιουργία αυτών των προϊόντων.

## 2.1 Πανδημία COVID-19

Η πανδημία «Coronavirus Disease 2019» (COVID-19) προκαλείται από τον κορωνοϊό-2 σοβαρού και οξέος αναπνευστικού συνδρόμου (SARS-CoV-2). Η πανδημία εντοπίστηκε



Διάγραμμα 2.1: Δημοσιεύσεις σχετικά με τα λειτουργικά τρόφιμα προ πανδημίας COVID-19 (Birch and Bonwick, 2019)

επίσημα στα τέλη του Δεκεμβρίου το 2019 στο Wuhan της Κίνας. Οι άνθρωποι που έχουν μολυνθεί από τον COVID-19 συνήθως παρουσιάζουν ήπιες έως σοβαρές ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος. Τα μέσα διάδοσης αποτελούν τα αναπνευστικά σταγονίδια από τον βήχα, το φτάρνισμα και την ομιλία ενός μολυσμένου ατόμου (Araf *et al.*, 2021). Προκειμένου να ρυθμιστεί και να μειωθεί ο κίνδυνος μόλυνσης, έχουν αναπτυχθεί ποικίλοι τύποι φαρμάκων και διατροφικές συστάσεις (Yang *et al.*, 2020). Τα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο, επηρεάζοντας θετικά το ανοσοποιητικό σύστημα του ξενιστή, παράγοντας αντικές δραστηριότητες εντός του ξενιστή και συνθέτοντας

βιολογικά δραστικές ενώσεις αποτελεσματικές κατά της ασθένειας του SARS-CoV-2 (Alkhatib, 2020). Η επίδραση της ασθένειας όμως δεν έχει προκαλέσει μόνο προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα των ανθρώπων παγκοσμίως, καθώς είναι και υπεύθυνη για μία επιδημία νευρολογικών παθήσεων διάθεσης. Το αυξημένο στρες ως συνέπεια της πανδημίας είναι αποδεδειγμένο ότι έχει επίδραση στην καθημερινή απόδοση των ανθρώπων (Banks and Boals, 2017).

Σύμφωνα με τα μέχρι τώρα επιστημονικά στοιχεία, η μεσολαβητική επιρροή της περιπλάνησης του νου (Mind Wandering) είναι ο βασικός μηχανισμός μέσω του οποίου συμβαίνει αυτή η αλληλεπίδραση. Πολυάριθμες συνέπειες στον πραγματικό κόσμο προκύπτουν από τις αυξήσεις των περιστατικών του MW. Αυξημένα περιστατικά MW, για παράδειγμα, συνδέονται με χειρότερες ακαδημαϊκές επιδόσεις, εξασθενημένη απόδοση στο χώρο εργασίας, και φτωχή απόδοση στις καθημερινές δραστηριότητες (Boals and Banks, 2020).

Θεωρείται, επομένως ότι η διαχείριση αυτής της κατάστασης θα καταφέρει να επαναφέρει την απόδοση σε φυσιολογικά πλαίσια. Υπάρχει επομένως ζήτηση για την εύρεση και παραγωγή λειτουργικών τροφίμων που να ελαττώνουν τα επίπεδα του άγχους, γεγονός που θα περιοριζε με τη σειρά του τις επιπτώσεις του MW.

## 2.2 Τα μπισκότα ως λειτουργικά τρόφιμα

Τα μπισκότα είναι ένα παγκοσμίως δημοφιλές σνακ αρτοποιίας για άτομα όλων των ηλικιών. Έχουν εξαιρετικό θρεπτικό περιεχόμενο, χαμηλό κόστος, μεγάλη διάρκεια ζωής και διατίθενται σε μια μεγάλη ποικιλία γεύσεων. Τα μπισκότα θεωρείται πλέον ένα κατάλληλο σνακ που μπορεί να εμπλουτιστεί με επιπλέον θρεπτικά συστατικά για να πληρούν τα διατροφικά κριτήρια που προάγουν την υγεία του ανθρώπου (Manley, 2000).

Τα βιοδραστικά συστατικά χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη νέων μπισκότων με αυξημένη θρεπτική αξία ως αποτέλεσμα του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για λειτουργικά τρόφιμα (Serafini and Peluso, 2016). Τα αντιοξειδωτικά είναι μια εξέχουσα κατηγορία ενώσεων τροφίμων που έχει βρεθεί ότι ωφελούν την ανθρώπινη υγεία μέσω των λειτουργικών τροφίμων. Σαν αποτέλεσμα, ο εμπλουτισμός τροφίμων με αντιοξειδωτικές ουσίες είναι μια από

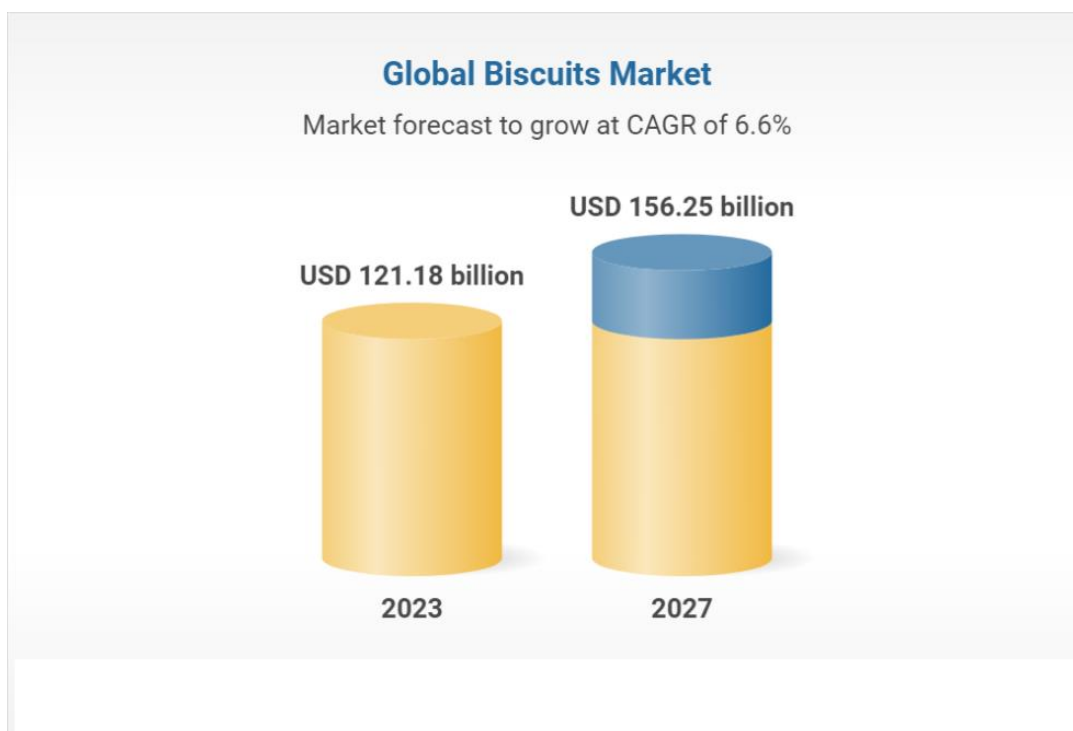


Εικόνα 2.1: Σύνθετος ρυθμός ανάπτυξης συστατικών αρτοποιίας (2022-2027)  
Πηγή: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-bakery-ingredients-market-industry>

τις πιο ενδιαφέρουσες έννοιες στη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων (Bjørklund and Chirumbolo, 2017). Πράγματι, ο εμπλουτισμός προϊόντων μπισκότου με αντιοξειδωτικές ουσίες, με σκοπό την δημιουργία λειτουργικών τροφίμων υψηλότερων σε θρεπτικά συστατικά από τα συμβατικά μπισκότα είναι μια πρακτική που ακολουθείται συχνά τα τελευταία χρόνια (Romanchik-Cerpovicz, Jeffords and Onyenwoke, 2019; Argyri *et al.*, 2021; Rousta *et al.*, 2021; Kruczek *et al.*, 2023).

Η διεθνής αγορά των συστατικών αρτοποιίας αλλά και μπισκότων εκτιμάται να αναπτύξει Σύνθετο Ετήσιο Ρυθμό Ανάπτυξης (Compound Annual Growth Rate, CAGR) της τάξης του 6,12% και 6,6% αντίστοιχα κατά τη περίοδο της επόμενης πενταετίας (2022-2027). Ο COVID-19 και ο πόλεμος μεταξύ Ρωσίας-Ουκρανίας επίδρασε στην αγορά αρτοποιίας με δύο βασικούς τρόπους:

- Επηρέασε άμεσα τη παραγωγή και τη ζήτηση των συστατικών, καθώς διακόπηκαν οι πιθανότητες παγκόσμιας οικονομικής ανάκαμψης,
- Οδήγησε σε οικονομικές κυρώσεις σε πολλές χώρες, αύξηση των τιμών των εμπορευμάτων και διαταραχές της εφοδιαστικής αλυσίδας, προκαλώντας πληθωρισμό σε αγαθά και υπηρεσίες



Εικόνα 2.2: Σύνθετος ρυθμός ανάπτυξης μπισκότων (2023-2027)  
Πηγή: <https://www.researchandmarkets.com/reports>

Τα ενδιαφερόμενα μέλη προϊόντων αρτοποιίας, με την εστίαση να αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό των πωλήσεών τους, παρατήρησαν ότι η ζήτηση στη κατανάλωση τροφίμων έχει μετατοπιστεί από τα εστιατόρια στις οικιακές κουζίνες. Λόγω αυτού, εκτιμάται ότι οι καταναλωτές θα ενισχύσουν τη ζήτησή τους σε καλύτερες επιλογές προϊόντων διατροφής. Η βελτίωση της διατροφής εκτιμάται ότι θα τραβήξει το ενδιαφέρον του καταναλωτή, και των κυβερνητικών οργανισμών, σε μια προσπάθεια να ενισχυθεί το ανοσοποιητικό σύστημα του μέσου καταναλωτή, δίνοντας στις εταιρείες της βιομηχανίας τροφίμων την ευκαιρία να

εστιάσουν στην καινοτομία. Αυτοί οι παράγοντες δίνουν περιθώριο για την εξισορρόπηση της βιομηχανίας συστατικών αρτοποιίας ακόμη και ενόψει των επίμονων περιορισμών του COVID-19.

Μεσοπρόθεσμα, αναμένεται να ανέλθει η ζήτηση για τα συστατικά αρτοποιίας λόγω:

- Αύξηση ζήτησης για τρόφιμα έτοιμα-προς-κατανάλωση,
- αύξηση ζήτησης καινοτόμων τροφίμων, ευεργετικών για την υγεία,
- αύξηση ζήτησης τροφίμων με ιδιαίζοντα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά,
- ευκολότερης πρόσβασης και χαμηλότερης τιμής των συστατικών.

### 3 Σπαθόχορτο

Το σπαθόχορτο (*Hypericum perforatum*) είναι ένα ανθοφόρο φυτό της οικογένειας *Hypericaceae* εγγενές στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αφρική και την Ασία. Τα φωτεινά, κίτρινα άνθη ανθίζουν στα μέσα του καλοκαιριού γύρω από την ημέρα του Αγίου Ιωάννη του Βαπτιστή τον Ιούνιο, κάτι που μπορεί να έδωσε στο φυτό το κοινό του όνομα (St. John's wort). Χημικά, τα εκχυλίσματα σπαθόχορτου περιέχουν έναν αριθμό βιολογικά ενεργών και πολύπλοκων ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων των ναφθοδιανθρόνων (υπερικήνη και ψευδοϋπερικήνη), των παραγόντων της φλωρογλυκινόλης (υπερφορίνη και αδυπερφορίνη), των φλαβονοειδών (ρουτίνη, υπεροσίδη, ισοκερκιτρίνη, κουερσιτρίνη και κερσετίνη), των διφλαβονοειδών (I3, Π8-διαπιγενίνη, I3', Π8-διαπιγενίνη), των προανθοκυανιδίων και του χλωρογενικού οξέος. Η τυποποίηση του σπαθόχορτου βασίζεται συνήθως στην περιεκτικότητα σε υπερφορίνη (3,0%) και υπερικήνη (0,3–0,5%). Αυτές οι δραστικές ενώσεις έχει αναφερθεί ότι είναι υπεύθυνες για τις φαρμακολογικές επιδράσεις του σπαθόχορτου (Zirak *et al.*, 2019).



Εικόνα 3.1 Σπαθόχορτο (*Hypericum perforatum*)



### 3.1 Ιστορική αναδρομή σπαθόχορτου

Σύμφωνα με τους ιστορικούς, το σπαθόχορτο (St. John's wort ή βότανο του Αγίου Ιωάννη) έλαβε το όνομα του από τους πρώτους Χριστιανούς, οι οποίοι παρατήρησαν την άνθηση του βοτάνου που γινόταν κοντά στα γενέθλια του Αγίου Ιωάννη του Βαπτιστή (24 Ιουνίου). Η χρήση του σπαθόχορτου ως αντισηπτικό, αντιφλεγμονώδες, καταπραϋντικό και αποχρεμπτικό ή ως τονωτικό φάρμακο καταγράφηκε πρώτα από τον Έλληνα βοτανολόγο του 1<sup>ου</sup> μ.Χ. αιώνα Πεδάλιο Διοσκουρίδη. Εν συνεχεία, πιο σύγχρονοι ιατροί, όπως ο Γαληνός και ο Πλήνιος, ελληνικής και ρωμαϊκής καταγωγής αντίστοιχα, αναγνώρισαν την ιατρική χρήση του σπαθόχορτου. Η θεραπεία σε ψυχικές παθήσεις χρονολογείται από το 1527, όπου ο Παράκελσος (1493-1541 μ.Χ.), Ελβετός αλχημιστής και ιατρός, το χρησιμοποίησε για πρώτη φορά για τη θεραπεία της διαταραχής της διάθεσης, κατά την άσκηση του στην ερευνητική ιατρική στη πόλη της Βασιλείας. Το 1618, το σπαθόχορτο ήταν ένα από τα πρώτα φάρμακα θεραπείας των ασθενειών που έχουν αναφερθεί στη πρώτη φαρμακοποιία του Λονδίνου, το οποίο και έγινε γνωστό από τον Nicholas Culpeper, βοτανολόγο της εποχής. Κατά τη διάρκεια του 18<sup>ου</sup> αιώνα, τα θεραπευτικά φυτά, και κατ' επέκταση και το σπαθόχορτο, συντέλεσαν στην αρχαία θεωρία ότι «τα όμοια θεραπεύουν όμοια», θέτοντας τις βάσεις για την ανάπτυξη της Ομοιοπαθητικής, ενός είδους εναλλακτικής ιατρικής που βασίζεται στη θεραπεία μέσω φυσικών βοτάνων. Εκατό χρόνια αργότερα όταν άνθισε η αμερικανική βοτανολογία κατά την Εκλεκτική Περίοδο, γνωστοί βοτανολόγοι όπως ο John King και ο Finley Ellingwood σημείωσαν ότι το σπαθόχορτο χρησιμοποιείται ως ηρεμιστικό και αντικαταθλιπτικό. Η χρήση των φαρμακευτικών βοτάνων, όπως το σπαθόχορτο περιορίστηκε με την έλευση του 20<sup>ου</sup> αιώνα, καθώς επικράτησε η παραγωγή και χρήση τεχνητών φαρμάκων. Οι γνωστές τεκμηριωμένες αντικαταθλιπτικές ιδιότητες του σπαθόχορτου έγιναν γνωστές στο τέλος της δεκαετίας του 1970, γεγονός που προκάλεσε μια επανάσταση στους επιστημονικούς κλάδους της ψυχιατρικής έρευνας (Pressman, Pressman and Burke, 1998; Istikoglou, Mavreas and Geroulanos, 2010). Ο αγώνας για την ένταξη του φαρμακευτικού αυτού βοτάνου στην φαρμακευτική συνεχίστηκε κατά το τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ενώ, στη περίοδο του 21<sup>ου</sup>, το ενδιαφέρον έχει στραφεί στην ένταξη του σε άλλους τομείς όπως η διατροφολογία και η τεχνολογία τροφίμων (Barnes, Anderson and Phillipson, 2001; Wach, Pyrzyńska and Biesaga, 2007; Jakubczyk *et al.*, 2021).

### 3.2 Δραστικές ουσίες σπαθόχορτου

Τα εκχυλίσματα του σπαθόχορτου έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη παραδοσιακή φαρμακευτική για να θεραπεύσουν μια μεγάλη γκάμα σωματικών και ψυχολογικών παθήσεων, συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών λοιμώξεων, των φλεγμονών, της κατάθλιψης και του άγχους (Wise *et al.*, 2019). Οι δραστικές ουσίες του σπαθόχορτου παρατίθενται στον **Error! Reference source not found.** και οι χημικές δομές των πιο σημαντικών ενώσεων απεικονίζονται στην Εικόνα 3. Οι πραγματικές συγκεντρώσεις αυτών των συστατικών σε τοπικά παρασκευάσματα εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες: τη γεωγραφική προέλευση του φυτού, τη συγκομιδή άγριων καλλιεργούμενων φυτών, ο χρόνος συγκομιδής (υπάρχει μείωση των ναφθοδιανθρόνων και αύξηση των φλωρογλυκινολών από την άνθηση έως την καρποφορία (Isacchi *et al.*, 2007)), η επεξεργασία του νωπού ή αποξηραμένου φυτικού υλικού και η θερμοκρασία του διαλύτη εκχύλισης και της τελικής σύνθεσης, η έκθεση στο ηλιακό φως, ο χρόνος και οι συνθήκες αποθήκευσης. Ως εκ τούτου, οι πληροφορίες σχετικά με το συγκεκριμένο παρασκεύασμα που χρησιμοποιείται σε πειράματα ή σε κλινικές δοκιμές είναι ζωτικής σημασίας για την ερμηνεία και την αναπαραγωγιμότητα των δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει τη μέθοδο παραγωγής και, όπου είναι δυνατόν, αναλυτικά δεδομένα για την

Πίνακας 3.1: Δραστικές ουσίες του σπαθόχορτου

Εξαιρετικά λιπόφιλες	χλωρογλουκινόλες (0,2–4%) ναφθοδιανθρόνες (0,06–0,4%):
Λιπόφιλες	υπερικήνη, ψευδουπερικήνη, πρωτουπερικήνη, πρωτοψευδουπερικήνη
Αμφίφιλες	ξανθόνες (ελάχιστες ποσότητες)
Υδρόφιλες	αιθέρια έλαια (0,1–0,25%)

περιεκτικότητα και τη σταθερότητα των κύριων δραστικών ενώσεων.

Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα παρασκευάσματα είναι το έλαιο *Hypericum* (*Hypericum oil*) που παρασκευάζεται από φρέσκα ή αποξηραμένα άνθη ή ανθισμένα εναέρια μέρη του φυτού και το άλευρο σπαθόχορτου όπου παρασκευάζεται από αποξηραμένα άνθη. Όσον αφορά την παρασκευή του ελαίου *Hypericum* (Ali *et al.*, 2018), το φυτικό υλικό περιχύνεται (1:4) σε φυτικό έλαιο (από ελιές, ηλίανθους ή άλλους καρπούς) σε ποτήρι και διατηρείται σε ζεστό μέρος για ζύμωση. Στη συνέχεια, το φυτικό υλικό συνθλίβεται, το λάδι φιλτράρεται και η υδατική φάση αφαιρείται με θειικό νάτριο, το γυαλί σφραγίζεται και εκτίθεται στο ηλιακό φως για περίπου 4-6 εβδομάδες. κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το λάδι παίρνει ένα έντονο

ρουμπινί χρώμα. Το προϊόν γεμίζεται σε ένα καφέ γυάλινο μπουκάλι για προστασία από το φως, αλλά είναι, ωστόσο, περιορισμένης σταθερότητας.

Ενώ η σύντομη έκθεση στο ορατό φως μετατρέπει την πρωτουπερική σε υπερική (Schmidt, 2003), αυτή αποικοδομείται σε περαιτέρω προϊόντα όταν η έκθεση διαρκέσει για αρκετές εβδομάδες και η ίδια η υπερική περιέχεται στο τελικό έλαιο σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Το ρουμπινί χρώμα του τελικού ελαίου οφείλεται στα λιπόφιλα προϊόντα διάσπασης της υπερικής (Maisenbacher and Kovar, 1992).

Η εξαιρετικά λιπόφιλη υπερφορίνη υπάρχει σε συγκέντρωση 0,6% στο φρέσκο έλαιο *Hypericum* που παράγεται στο φως ή στο σκοτάδι αλλά αποικοδομείται σε ανενεργές ενώσεις (φουρουπερφορίνη, οξυυπερφορίνη) εντός ημερών υπό έκθεση στο φως και εντός εβδομάδων υπό φωτοπροστασία. Η σταθερότητά του μπορεί να αυξηθεί σε περίπου 6 μήνες με την προσθήκη 2-οκτυλοδεκανόλη-1 στο φυτικό έλαιο και με απουσία οξυγόνου (Maisenbacher and Kovar, 1992; Isacchi *et al.*, 2007).

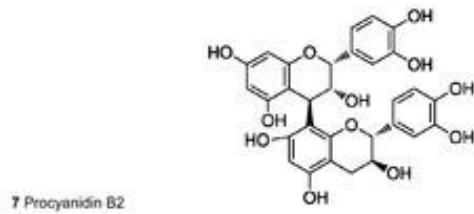
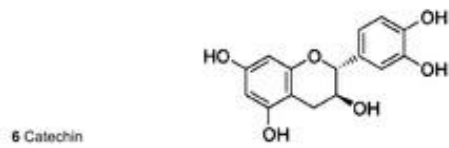
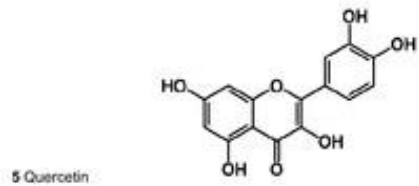
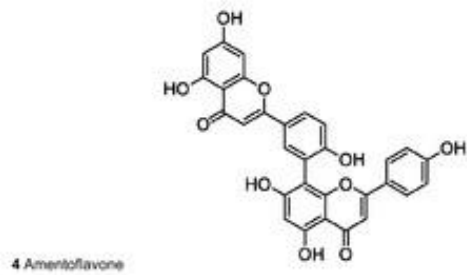
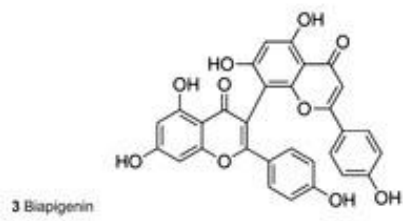
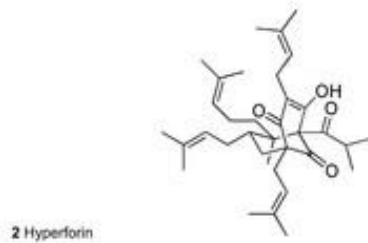
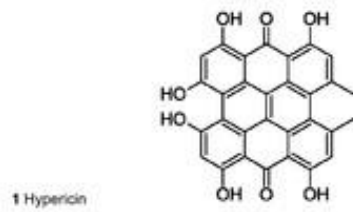
Προκειμένου να ληφθούν υψηλές συγκεντρώσεις υπερφορίνης, ενός ισχυρού αντιμικροβιακού και αντιφλεγμονώδους παράγοντα, το έλαιο *Hypericum* μπορεί να παρασκευαστεί από κάψουλες φρούτων υπό αποκλεισμό φωτός σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια να αποθηκευτεί στο σκοτάδι σε χαμηλές θερμοκρασίες. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά σταθεροποιημένα σκευάσματα υπερφορίνης.

Τα φλαβονοειδή η κερσετίνη, η Ι3Π8-διαπιγενίνη, η καεμπερόλη και η 1,3,6,7-τετραϋδροξυξανθόνη έχουν αναφερθεί επίσης για το έλαιο *Hypericum* (Blaschek, von Bruchhausen and Hager, 1997; Isacchi *et al.*, 2007), ενώ οι Arsić *et al.* (Arsić *et al.*, 2011) βρήκαν μόνο κερκετίνη και οι Isacchi *et al.* (Isacchi *et al.*, 2007) τη περισσότερο λιπόφιλη διφλαβόνη βιοπιγενίνη, και αυτό μόνο όταν εκχυλίστηκαν φρέσκα άνθη.

Οι Orhan *et al.* (Orhan *et al.*, 2013) ανέλυσαν είκοσι ένα (21) δείγματα παραδοσιακά παρασκευασμένων (σπιτικών) και έτοιμων (εμπορικών) *λαδιών Hypericum* μέσω LC-DAD-MS. Ψευδοπερική (0,1–3,3 μg/g) και υπερική (0,3–6,6 μg/g) υπήρχαν σε όλα τα έλαια, ενώ το χλωρογενικό οξύ (1,1 μg/g) ανιχνεύθηκε μόνο σε ένα δείγμα ελαίου. Η υπερφορίνη ανιχνεύθηκε σε τέσσερα (1–2,4 μg/g) και η αδυπερφορίνη σε έξι δείγματα (0,005–3,2 μg/g). Όλες αυτές οι συγκεντρώσεις είναι πολύ χαμηλές, στην περιοχή από 10<sup>-5</sup> έως 10<sup>-3</sup>%. Ωστόσο,

Οι συγγραφείς συσχέτισαν την αντιμικροβιακή δράση κατά του *Staphylococcus aureus* και του *Trypanosoma brucei* με τη σύνθεση του ελαίου: η υπερική και η ψευδοϋπερική ήταν κοινές στα ενεργά έλαια ενώ η υπερφορίνη, η αδυπερφορίνη και το χλωρογενικό οξύ απουσίαζαν.

Βάμματα εκχυλισμένα με αιθανόλη (45–50%) αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως παραδοσιακά φάρμακα, αλλά λείπουν λεπτομέρειες σχετικά με το περιεχόμενό τους σε δραστικά συστατικά καθώς και πειραματικά δεδομένα (Dougan et al., 2019). Οι αναλύσεις υδροαλκοολικών εκχυλισμάτων από σπαθόχορτο αποκάλυψαν ότι απαιτούνται τουλάχιστον 60% συγκέντρωσης αιθανόλης για να ληφθούν υψηλές αποδόσεις της πολύ λιπόφιλης υπερφορίνης. Με την απόλυτη αιθανόλη, η εκχύλιση υπερφορίνης είναι μέγιστη, αλλά τα υδρόφιλα συστατικά όπως τα φλαβονοειδή μειώνονται σημαντικά (Gaedcke, 2003).



Εικόνα 2.2: Χημικές δομές των πιο σημαντικών δραστικών ουσιών του σπαθόχορτου (Wölfle et al., 2014)

### 3.3 Αντιοξειδωτική δράση των φυτοχημικών του σπαθόχορτου – επίδραση στο οξειδωτικό στρες και στη φλεγμονή

Στο, η αντιοξειδωτική δράση έχει αποδοθεί κυρίως στα φλαβονοειδή (Wise *et al.*, 2019). Αυτές οι ενώσεις περιέχουν πολλαπλές φαινολικές υδροξυλομάδες με πολύπλευρες αντιοξειδωτικές λειτουργίες όπως χηλίωση (chelation), η προσφορά υδρογόνου (hydrogen donation) και η απόσβεση μεμονωμένου οξυγόνου (singlet oxygen quenching) (Rice-Evans, Miller and Paganga, 1996). Περαιτέρω, αυτά τα φυτοχημικά έχουν αναφερθεί ότι παρουσιάζουν αντιοξειδωτικές δραστηριότητες κατά των ελεύθερων ριζών (Naroli *et al.*, 2018) και προστατεύουν τα ανθρώπινα ηπατικά κύτταρα έναντι του οξειδωτικού στρες και της φλεγμονής *in vitro* (Oliveira *et al.*, 2018). Επομένως, εκτός από τις καθιερωμένες ψυχοδραστικές επιδράσεις, τα φυτοχημικά του σπαθόχορτου μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως αντιοξειδωτικά για την προστασία της υγείας.

Η αγλυκόνη κερκετίνης και οι γλυκοσίδες κερκετίνης (υπεροσίδη, ρουτίνη, ισοκερσετίνη, κουερσιτρίνη) είναι τα κύρια φλαβονοειδή που συνεισέφεραν στην αντιοξειδωτική δραστηριότητα του σπαθόχορτου (Wise *et al.*, 2019). Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι γλυκοσίδες της κερκετίνης διασπώνται στο λεπτό έντερο για να σχηματίσουν κερκετίνη πριν από την απορρόφηση (Jaganath *et al.*, 2006), αυτές οι γλυκοσίδες κερκετίνης είναι απίθανο να συμβάλλουν άμεσα στην αντιοξειδωτική δράση. Αντίστοιχα, η συγκέντρωση της κερκετίνης (από την αγλυκόνη κερκετίνης και τις απογλυκοζυλιωμένες γλυκοσίδες κερκετίνης) και το σχετικό αντιοξειδωτικό της δυναμικό, είναι πιθανώς υψηλότερα από αυτά που προβλέπονται στη βιβλιογραφία (Wise *et al.*, 2019). Περαιτέρω, αναμένεται ότι η απογλυκοζυλίωση των γλυκοσιδών κερκετίνης θα επεκτείνει τον χρόνο που απαιτείται για να επιτευχθεί η μέγιστη συγκέντρωση στο πλάσμα ( $T_{max}$ ) πέρα από το προβλεπόμενο όριο των 1,6-2,3 ωρών. Τα βιολογικά δεδομένα για το σπαθόχορτο έχουν δείξει μια παρατεταμένη μείωση (2-4 ώρες) στον βιοδείκτη του οξειδωτικού στρες «προλακτίνη» πέρα από την προβλεπόμενη περίοδο μέγιστης συσσώρευσης αντιοξειδωτικών (1,6-2,3 ώρες) μετά την κατάποση του σπαθόχορτου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον εκτεταμένο  $T_{max}$  της κερκετίνης λόγω της απογλυκοζυλίωσης των γλυκοσιδών της κερκετίνης και στον εκτεταμένο χρόνο ημιζωής αποβολής της κερκετίνης, που υποδηλώνει ότι η αντιοξειδωτική της δράση είναι πιθανό να διατηρηθεί πέρα από το προβλεπόμενο (Erlund *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2015; Wise *et al.*, 2019). Αντίστοιχα, το σπαθόχορτο παρέχει μακροχρόνια προστασία, έναντι του οξειδωτικού στρες και της φλεγμονής, 1,6 ώρες μετά την κατάποση, που συμπίπτει με το  $T_{max}$  του αντιοξειδωτικού κερκετίνης (Wise *et al.*, 2019).

3.4 Οι επιδράσεις του σπαθόχορτου και των συστατικών του στις ψυχικές διαταραχές

Στις πρώτες αναφορές, τα τρικυκλικά αντικαταθλιπτικά (Tricyclic Antidepressants, TCAs), όπως η ιμιπραμίνη, η αμιτριπτυλίνη και η νοτριπτυλίνη ήταν τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντικαταθλιπτικά. Ωστόσο, οι αναστολείς επαναπρόσληψης της σεροτονίνης είναι σήμερα τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα αντικαταθλιπτικά και περιλαμβάνουν τις φλουοξετίνη, παροξετίνη, σεφτραλίνη, σιταλοπράμη, εσιταλοπράμη και φλουβοξαμίνη (Anderson *et al.*, 2008). Η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια του σπαθόχορτου στη θεραπεία των καταθλιπτικών διαταραχών έχουν διερευνηθεί ευρέως σε κλινικές δοκιμές με διαφορετικούς σχεδιασμούς (ανοιχτές δοκιμές ή τυχαιοποιημένες, ελεγχόμενες δοκιμές), διαφορετικούς πληθυσμούς (έφηβοι, ενήλικες ή ηλικιωμένοι) και διαφορετικές ομάδες ελέγχου (εικονικό φάρμακο «placebo» ή αντικαταθλιπτικό). Τα τελευταία χρόνια, έχουν διεξαχθεί αρκετές μετα-αναλύσεις για την ποσοτική ανασκόπηση των θεραπευτικών επιδράσεων του σπαθόχορτου για καταθλιπτικές διαταραχές, η καθεμία χρησιμοποιώντας διαφορετικά κριτήρια ένταξης. Οι Cui και Zheng (2016) διεξήγαγαν επίσης μια μετα-ανάλυση σχετικά με την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια του εκχυλίσματος σπαθόχορτου στη θεραπεία της κατάθλιψης σε σύγκριση με τους αναστολείς επαναπρόσληψης της σεροτονίνης σε ενήλικες. 27 μελέτες συμπεριλαμβανομένων συνολικά 3.126 ασθενών με κατάθλιψη συμπεριλήφθηκαν στην τελική ανάλυση. Οι συγγραφείς απέδειξαν ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ του εκχυλίσματος σπαθόχορτου και των αναστολέων επαναπρόσληψης της σεροτονίνης στην κλινική ανταπόκριση, την ύφεση και τη μέση μείωση της κλίμακας αξιολόγησης Hamilton για τη βαθμολογία κατάθλιψης. Επί πλέον, το εκχύλισμα σπαθόχορτου είχε σημαντικά χαμηλότερο ποσοστό ανεπιθύμητων ενεργειών σε σύγκριση με τους αναστολείς επαναπρόσληψης της σεροτονίνης (Serotonin Reuptake Inhibitors, SRRIs) και είχε λιγότερες απορρίψεις λόγω ανεπιθύμητων ενεργειών (Cui and Zheng, 2016).

Ομοίως, σε μια άλλη μετα-ανάλυση σε ασθενείς με κατάθλιψη, το σπαθόχορτο έδειξε συγκρίσιμο ποσοστό ανταπόκρισης και ύφεσης και σημαντικά χαμηλότερο ποσοστό διακοπής/εγγραφής σε σύγκριση με τους αναστολείς επαναπρόσληψης της σεροτονίνης. Ωστόσο, οι ερευνητές δήλωσαν ότι τα στοιχεία σχετικά με τη μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα και ασφάλεια του εκχυλίσματος σπαθόχορτου είναι περιορισμένα καθώς η διάρκεια όλων των διαθέσιμων μελετών κυμαινόταν από 4 έως 12 εβδομάδες (Ng, Venkatanarayanan and Ho, 2017). Ως εκ τούτου, όπως αναφέρθηκε στις μετα-αναλύσεις, οι πιο καλοήθειες παρενέργειες, καθώς και ο μικρότερος αριθμός ανεπιθύμητων ενεργειών που σχετίζονται με τη χρήση του σπαθόχορτου, το καθιστούν μια καλή επιλογή για τη θεραπεία ασθενών με κατάθλιψη.

### 3.5 Μηχανισμοί δράσεις του σπαθόχορτου

#### 3.5.1 Αναστολή των μονοαμινοξειδασών

Οι μονοαμινοξειδάσες (Monoamine Oxidases, MAOs) είναι ένζυμα που περιέχουν δινουκλεοτίδιο αδενίνης-φλαβίνης που βρίσκονται σε όλον τον εγκεφαλικό ιστό στην εξωτερική μεμβράνη των μιτοχονδρίων (Shih, Chen, & Ridd, 1999). Υπάρχουν δύο ισόενζυμα του ενζύμου, η μονοαμινοξειδάση Α (MAO-A) και η MAO-B που εμπλέκονται στην οξειδωτική απαμίνωση εξωγενών αμινών όπως η τυραμίνη και η βενζυλαμίνη, και ενδογενών αμινών, συμπεριλαμβανομένων των νευροδιαβιβαστών (Markoglou, Hsuesh, & Wainer, 2004). Είναι πλέον σαφές ότι αυτά τα ένζυμα επηρεάζουν τα συναισθήματα, τη διάθεση, και τη συμπεριφορά των ατόμων ρυθμίζοντας τις συγκεντρώσεις μονοαμινών όπως η σεροτονίνη (5-HT), η νορεπινεφρίνη (NA) και η ντοπαμίνη (DA) στον εγκέφαλο και στους περιφερικούς ιστούς (Shih, Chen and Ridd, 1999). Οι εκλεκτικοί αναστολείς MAO-A χρησιμοποιούνται συχνά στη θεραπεία της κατάθλιψης και του άγχους (Yamada and Yasuhara, 2004), ενώ οι αναστολείς MAO-B, μόνοι ή σε συνδυασμό με L-Dopa, είναι χρήσιμοι στη θεραπεία της νόσου του Alzheimer και του Parkinson (Fernandez and Chen, 2007).

#### 3.5.2 Αναστολή της συναπτοσωματικής επαναπρόσληψης αμινών

Η συναπτοσωμική επαναπρόσληψη βιογενών αμινών όπως 5-HT, NA και DA στα νευρικά τερματικά είναι πρωταρχικής σημασίας για τον τερματισμό της δράσης αυτών των πομπών στις θέσεις των υποδοχέων τους (Amara and Kuhar, 1993). Τα περισσότερα από τα διαθέσιμα αντικαταθλιπτικά, συμπεριλαμβανομένων των TCA και των SSRI, αναστέλλουν τη συναπτοσωμική επαναπρόσληψη βιογονικών αμινών μέσω αποκλεισμού συγκεκριμένων μεταφορέων, αυξάνοντας έτσι τις συγκεντρώσεις τους στη συναπτική σχισμή (Mann, 2005). Οι αντικαταθλιπτικές ιδιότητες του σπαθόχορτου είναι πιο πιθανό να αποδοθούν στην ανασταλτική επίδραση στη συναπτοσωμική πρόσληψη πολλών νευροδιαβιβαστών .

Αρκετές *in vitro* μελέτες έχουν δείξει ότι το σπαθόχορτο και, συγκεκριμένα, η υπερφορίνη είναι αναστολείς της συναπτοσωμικής επαναπρόσληψης των 5-HT, NA και DA (Zirak *et al.*, 2019). Είναι ενδιαφέρον ότι, σε αντίθεση με όλα τα άλλα αντικαταθλιπτικά, το σπαθόχορτο έχει επίσης σαφή ανασταλτικά αποτελέσματα στη συναπτοσωμική πρόσληψη των νευροδιαβιβαστών αμινοξέων γ-αμινοβουτυρικού οξέος (GABA) και L-γλουταμινικού (Chatterjee *et al.*, 1998). Επιπλέον, οι τιμές IC<sub>50</sub> έχουν αναφερθεί στα 0,05–0,10 μg/ml (5-HT, NA, DA και GABA) και στα 0,5 μg/ml (L-γλουταμινικό) για το εκχύλισμα σπαθόχορτου, υποδηλώνοντας μια περίπου ίση ανασταλτική δραστηριότητα στη συναπτοσωμική πρόσληψη



και των πέντε νευροδιαβιβαστών (Chatterjee *et al.*, 1998). Οι Butterweck *et al.* (2002) ανέφεραν ότι η μακροχρόνια (8 εβδομάδες), αλλά όχι η βραχυπρόθεσμη (2 εβδομάδες), χορήγηση του σπαθόχορτου και του ενεργού συστατικού του, της υπερικίνης, σε αρουραίους τροποποιούν τα επίπεδα των νευροδιαβιβαστών σε περιοχές του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην παθοφυσιολογία της κατάθλιψης. Ωστόσο, οι Gobbi *et al.* (1999), έδειξαν ότι η θεραπεία σε αρουραίους με υδρομεθανολικό εκχύλισμα σπαθόχορτου ( $3 \times 300$  mg/kg/ημέρα, μέσω του στόματος) δεν είχε σημαντική επίδραση στα επίπεδα των 5-HT και 5-υδροξυινδολεϊκού οξέος στον εγκέφαλο. Ως εκ τούτου, οι ερευνητές πρότειναν ότι τα αποτελέσματα των *in vitro* συγκεντρώσεων δεν φαίνεται να επιτυγχάνονται στον εγκέφαλο μετά από φαρμακολογικά αποτελεσματικές δόσεις. Συνολικά, τα διαθέσιμα στοιχεία υποδηλώνουν έναν πιθανό αντικαταθλιπτικό μηχανισμό παρόμοιο με εκείνους των συμβατικών αντικαταθλιπτικών, ιδιαίτερα των SSRI.

### 3.5.3 Επίδρασεις στους μεταφορείς μονοαμινών

Οι μεταφορείς νευροδιαβιβαστών είναι σημαντικοί στόχοι για πολλά φάρμακα επειδή εμπλέκονται στον τερματισμό της συναπτικής νευροδιαβίβασης (Gether *et al.*, 2006). Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες για τη διερεύνηση των επιδράσεων του σπαθόχορτου στους μεταφορείς μονοαμίνης σε άθικτα νευρικά κύτταρα (Gether *et al.*, 2006). Οι Gobbi *et al.* (1999) επιβεβαίωσαν την αναστολή της συσσώρευσης 5-HT σε φλοιώδη συναπτοσώματα εγκεφάλου αρουραίου από ένα υδρομεθανολικό εκχύλισμα σπαθόχορτου. Ωστόσο, αυτό το ανασταλτικό αποτέλεσμα αποδείχθηκε ότι δεν οφείλεται σε άμεση αλληλεπίδραση και αποκλεισμό των μεταφορέων 5-HT. Οι Jensen *et al.* (2001) ανέφεραν επίσης ότι η επίδραση της υπερφορίνης στην πρόσληψη μονοαμινών πιθανώς δεν προκαλείται από την άμεση επίδραση της υπερφορίνης σε γνωστές θέσεις στους μεταφορείς. Επιπλέον, οι Hirano *et al.* (2004) πρότεινε ότι, σε αντίθεση με τους SSRI, το εκχύλισμα σπαθόχορτου καταστέλλει την πρόσληψη σεροτονίνης στα συναπτοσώματα του εγκεφάλου χωρίς να αλληλεπιδρά με το μόριο-μεταφορέα. Επιπλέον, οι Singer, Wonnemann και Müller (1999) απέδειξαν ότι οι εμφανείς ανασταλτικές επιδράσεις του σπαθόχορτου, και της υπερφορίνης, στην πρόσληψη σεροτονίνης, μπορεί να επηρεάζονται από την αύξηση των συγκεντρώσεων ελεύθερου ενδοκυτταρικού νατρίου. Αυτό εγκρίθηκε από τους Wonnemann, Singer και Müller (2000) οι οποίοι παρατήρησαν το ρόλο των ευαίσθητων στην αμιλορίδη καναλιών  $\text{Na}^+$  και των εναλλακτών  $\text{Na}^+$  και  $\text{H}^+$  στον μηχανισμό δράσης της υπερφορίνης. Αυτές οι παρατηρήσεις υποδηλώνουν ξεκάθαρα ότι το σπαθόχορτο και η υπερφορίνη χρησιμεύουν ως ισχυροί αλλά μη ειδικοί αναστολείς των συναπτοσωμικών 5-HT, NA και DA.

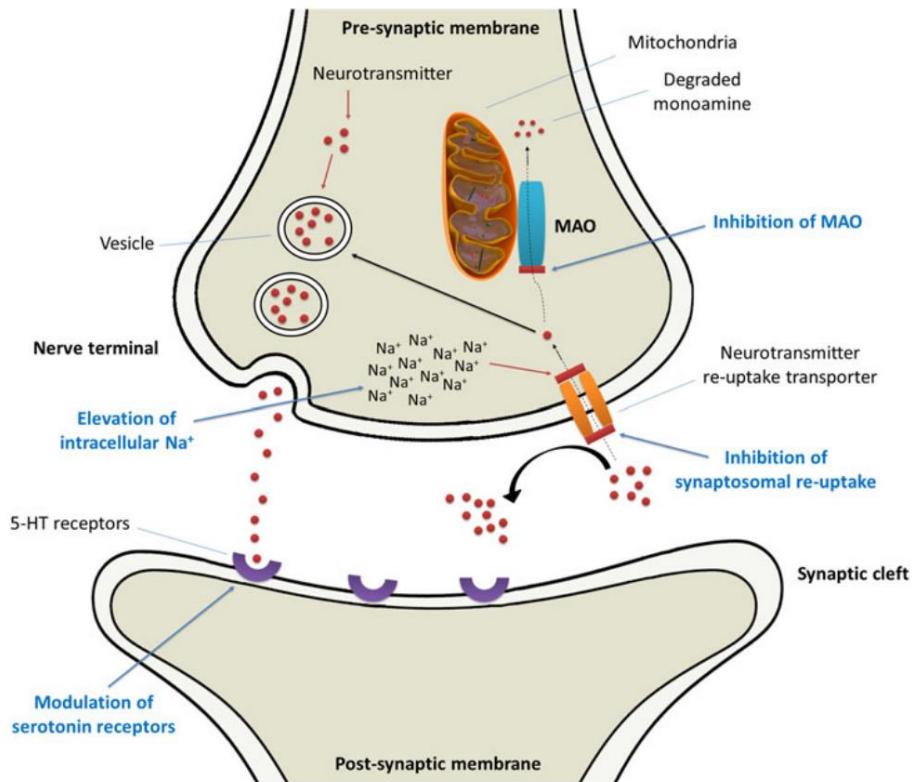
#### 3.5.4 Επιδράσεις στους υποδοχείς σεροτονίνης

Η ανακάλυψη των αντικαταθλιπτικών, του νευροδιαβιβαστή 5-HT, έχει εμπλακεί στην παθοφυσιολογία και τη θεραπεία της μείζονος κατάθλιψης. Η σεροτονίνη μεσολαβεί στο ευρύ φάσμα των φυσιολογικών της λειτουργιών μέσω αλληλεπιδράσεων με πολλαπλούς υποδοχείς, οι οποίοι εμπλέκονται στις αντικαταθλιπτικές επιδράσεις (Artigas, 2013). Έχουν πλέον αναγνωριστεί επτά οικογένειες και πολλαπλοί υποτύποι υποδοχέων σεροτονίνης.

Η ανοδική ρύθμιση των υποδοχέων 5-υδροξυτρυπταμίνης-2 (5-HT<sub>2</sub>) στον μετωπιαίο φλοιό του αρουραίου παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τους W. Müller et al. (1997) οι οποίοι υπέβαλαν αρουραίους σε 14 ημέρες ημερήσιας θεραπείας με 240 mg/kg ενός μεθανολικού εκχυλίσματος σπαθόχορτου. Ομοίως, μια άλλη μελέτη έδειξε ανοδική ρύθμιση των υποδοχέων 5HT<sub>1A</sub> και 5HT<sub>2A</sub> μετά από παρατεταμένη (26 εβδομάδων) χορήγηση εκχυλισμάτων σπαθόχορτου (2.700 mg/kg) σε αρουραίους (Teufel-Mayer and Gleitz, 1997).

Αντίθετα, μακροχρόνια (8 εβδομάδες), αλλά όχι βραχυπρόθεσμη (2 εβδομάδες), καθημερινή θεραπεία αρουραίων με ιμιπραμίνη (15 mg/kg), σπαθόχορτο (500 mg/kg) και υπερικίνη (0,2 mg/kg) μείωσε σημαντικά το αγγελιοφόρο RNA (m-RNA) του υποδοχέα σεροτονίνης 5-HT<sub>1A</sub> κατά 11-17% στον ιππόκαμπο του εγκεφάλου (Butterweck *et al.*, 2002).

Συνολικά, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι παρόλο που το σπαθόχορτο μοιράζεται ορισμένους μηχανισμούς δράσης με τα συμβατικά αντικαταθλιπτικά φάρμακα, μπορεί να δρα μέσω νέων μηχανισμών δράσης, που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.



Εικόνα 3.2: Πιθανοί αντικαταθλιπτικοί μηχανισμοί δράσης του σπαθόχορτου. MAO: μονοαμινοξειδάση (Πηγή: [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com))

### 3.5.5 Κίνδυνοι κατά την χορήγηση σπαθόχορτου

Είναι γνωστό ότι οι φαρμακευτικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία νευρολογικών παθήσεων, όπως η κατάθλιψη αλληλεπιδρούν με άλλες, προκαλώντας προβλήματα κατά τη χορήγησή τους. Η πιθανότητα αλληλεπιδράσεων βοτάνων-φαρμάκων αυξάνεται λόγω της μεγάλης αύξησης της χρήσης φυτικών φαρμάκων και συμπληρωμάτων σε όλο τον κόσμο (Zhou *et al.*, 2004). Τα βότανα μπορούν να αλλάξουν τα προβλεπόμενα αποτελέσματα των συνταγογραφούμενων φαρμάκων, με αποτέλεσμα είτε την αποτυχία της θεραπείας είτε την εμφάνιση ανεπιθύμητων παρενεργειών (Bhadra, Ravakhah and Ghosh, 2015). Οι άνθρωποι σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο συμπληρώματα σπαθόχορτου με τη μορφή δισκίων και καψουλών για τη θεραπεία ασθενειών όπως της κατάθλιψης (Mannel, 2004). Παρά το γεγονός ότι πολλές συμβατικές κατηγορίες φαρμάκων, όπως τα αντικαταθλιπτικά, τα αντισπασμωδικά, τα ανοσοκατασταλτικά, τα αντισυλληπτικά, τα

αντι-HIV, τα αντικαρκινικά και τα καρδιαγγειακά φάρμακα, μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα συστατικά του σπαθόχορτου (Borrelli and Izzo, 2009), τα προϊόντα της είναι διαθέσιμα σε πολλές χώρες χωρίς ιατρική συνταγή ή ιατρική επίβλεψη (Markowitz *et al.*, 2003).

Συγκεκριμένα:

- Η ενεργοποίηση των ισοενζύμων του κυτοχρώματος P450 και των μεταφορέων της Ρ-γλυκοπρωτεΐνης είναι ο πρωταρχικός μηχανισμός μέσω του οποίου το σπαθόχορτο αλληλεπιδρά με τα συμβατικά φάρμακα.
- Η υπερφορίνη, η οποία είναι υπεύθυνη για την ενεργοποίηση των ανωτέρω, είναι το κύριο συστατικό του σπαθόχορτου και αποτελεί εν δυνάμει κίνδυνο.
- Φάρμακα που δεν αποτελούν υποστρώματα κυτοχρώματος P450 και Ρ-γλυκοπρωτεΐνης είναι λιγότερο πιθανό να παρουσιάσουν φαρμακοκινητικές αλλαγές όταν χορηγούνται με σπαθόχορτο.
- Τα εκχυλίσματα σπαθόχορτου με χαμηλά επίπεδα υπερφορίνης δεν φαίνεται να αλληλεπιδρούν με φάρμακα όπως η διγοξίνη, τα αντισυλληπτικά ή τη κυκλοσπορίνη.
- Οι ασθενείς που λαμβάνουν φάρμακα που έχουν μεγάλες πιθανότητες αλληλεπίδρασης με το σπαθόχορτο θα πρέπει να συμβουλευούνται ειδικευόμενοι και να μην εκτελούν αυτοθεραπεία με οποιαδήποτε μορφή δοσολογίας του φυτού.
- Οι ετικέτες πληροφοριών για προϊόντα σπαθόχορτου πρέπει να περιέχουν επαρκείς πληροφορίες σχετικά με τον πιθανό κίνδυνο αλληλεπίδρασης αλλά και τα εν δυνάμει ευπαθή άτομα.

### 3.5.6 Μηχανισμός δράσης των αλληλεπιδράσεων των συστατικών σπαθόχορτου

Έχει προσδιοριστεί ότι το σπαθόχορτο είναι ένα αποτελεσματικό (Morimoto *et al.*, 2004) και προσιτό (Nebel, 1999) υποκατάστατο των παραδοσιακών αντικαταθλιπτικών. Τα δραστικά συστατικά στο σπαθόχορτο παρήγαγε αποτελέσματα παρόμοια με εκείνα των τυπικών αντικαταθλιπτικών (δοθειεπίνη, φλουοξετίνη και βενλαφαξίνη) και με ένα προφίλ δράσης που σχετιζόταν στενά με τους συνθετικούς εκλεκτικούς αναστολείς επαναπρόσληψης σεροτονίνης σε προκλινικά ζωικά μοντέλα κατάθλιψης, όπως το τεστ εξαναγκασμένης κολύμβησης (forced swim test), το τεστ θνησιμότητας νοχιμβίνης (yohimbine-induced lethality test), οι σπασμοί πεντυλενοτετραζόλης (pentylenetetrazole-induced convulsion) και οι δοκιμές κινητικής δραστηριότητας (locomotor activity tests) (Stage *et al.*, 2015). Τα κύρια συν-ενεργά συστατικά που μεσολαβούν στην αναστολή ευρέως φάσματος της επαναπρόσληψης νευροδιαβιβαστών,

ιδιαίτερα της σεροτονίνης, της ντοπαμίνης, της νοραδρεναλίνης, του γλουταμινικού και γάμμα-αμινοβουτυρικού οξέος, είναι η υπερικίνη, η υπερφορίνη και οι γλυκοσίδες φλαβανόλης (π.χ. κερσετίνη, καεμπερόλη) (Piscitelli *et al.*, 2000). Μέσω της διέγερσης της έκφρασης του εντερικού MDR1, του γονιδίου ABCB1, του εντερικού και ηπατικού CYP3A4 και άλλων ισομορφών κυτοχρώματος, αυτά τα συστατικά προκαλούν επίσης την εμφανή μείωση της εντερικής απορρόφησης και της βιοδιαθεσιμότητας των φαρμάκων. Η υπερικίνη, η υπερφορίνη και η κερσετίνη μείωσαν την δραστηριότητα της μεταφοράς της P-γλυκοπρωτεΐνης (ABCB1) όταν χρησιμοποιείται ως μοντέλο αιματοεγκεφαλικού φραγμού *in-vitro/ex-vivo* με καλλιεργημένα ενδοθηλιακά κύτταρα τριχοειδούς εγκεφάλου χοίρου και πρόσφατα διαχωρισμένα τριχοειδή αγγεία εγκεφάλου χοίρου (Jackson *et al.*, 2014). Παράλληλα, η κερσετίνη και η υπερικίνη συμβάλουν στην ρύθμιση αυτού του μεταφορέα, λειτουργούν, λειτουργούν επίσης, μέσω ενός μηχανισμού που περιλαμβάνει την πρωτεϊνική κίνηση C, το εκχύλισμα του σπαθόχορτου, και συγκεκριμένα η υπερφορίνη, ανέστειλαν άμεσα τη δραστηριότητα της P-γλυκοπρωτεΐνης. Η κερκετίνη σε υψηλές συγκεντρώσεις μείωσε τη δραστηριότητα μεταφοράς της P-γλυκοπρωτεΐνης, αλλά αύξησε τη λειτουργία του μεταφορέα σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Σε μια σειρά δοκιμών *in vitro*, η υπερφορίνη και τα ανάλογά της αποδείχθηκαν επίσης ισχυροί αναστολείς της δραστηριότητας του CYP3A4. Υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τις θεραπευτικές επιδράσεις της καταστολής του CYP3A4 και της P-γλυκοπρωτεΐνης από το σπαθόχορτο στη μεσολάβηση των αλληλεπιδράσεων βοτάνου-φαρμάκου (Nieminen *et al.*, 2010).

Η επίδραση των συστατικών του σπαθόχορτου στη γονιδιακή ρύθμιση είναι η πιο σημαντική θεραπευτικά από όλες τις δράσεις τους. Το εκχύλισμα σπαθόχορτου και η υπερφορίνη επηρέασαν ειδικά την έκφραση των γονιδίων που ρυθμίζουν τον ενεργειακό μεταβολισμό, τον ενδοκυτταρικό έλεγχο του ασβεστίου, τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό, και την απόπτωση καθώς και το μεταβολισμό και τη μεταφορά εξωγενών και ενδογενών ουσιών. Έχει αναφερθεί ότι ο υποδοχέας της πρεγνάνης ενεργοποιείται από την υπερφορίνη αλλά όχι από την υπερικίνη, η οποία αντίθετα ενεργοποιεί τη μεταγραφή των γονιδίων για το μεταβολισμό των φαρμάκων και τους μεταφορείς. Η επίδραση της υπερφορίνης στον υποδοχέα της εγκυμοσύνης, ένας κρίσιμος ρυθμιστής του CYP3A4 (καθώς και άλλων CYPs) και της P-γλυκοπρωτεΐνης (ABCB1), παρέχει το μοριακό υπόβαθρο για αυτές τις κλινικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις (Haritos *et al.*, 2000).

### 3.5.7 Φαρμακοκινητική των συστατικών του σπαθόχορτου

Μετά τη χορήγηση σε υγιείς εθελοντές δόση 900 mg δια του στόματος ενός πατενταρισμένου εκχυλίσματος σπαθόχορτου που περιέχει 18 mg υπερφορίνης, οι Shulz et al. (2005) εξέτασαν τη φαρμακοκινητική των συστατικών του σπαθόχορτου. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις ( $C_{max}$ ) της υπερικίνης και της ψευδουπερικίνης ήταν 4 και 10 ng/ml μετά από 8 και 3 ώρες, αντίστοιχα, ενώ οι χρόνοι ημιζωής αποβολής τους αναφέρθηκαν ως 19 και 17 ώρες. Μετά από 4,5 ώρες, η υπερφορίνη έφτασε σε μια μέση  $C_{max}$  122 ng/ml και ο χρόνος ημιζωής της ήταν περίπου 18 ώρες. Επιπλέον ποσοτικοποιήθηκαν σε αυτήν την έρευνα η κερσετίνη και η ισοραμνετίνη. Αυτά τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι τα συστατικά του σπαθόχορτου είναι βιοδιαθέσιμα και φτάνουν σε επαρκείς ποσότητες στο ανθρώπινο πλάσμα μετά από θεραπεία από το στόμα (Schulz et al., 2005). Ήταν ενδιαφέρον να δούμε ότι το επίπεδο υπερφορίνης πλάσματος για αυτό το εκχύλισμα ήταν κατά μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερο από το επίπεδο υπερικίνης. Μια έρευνα από τους Biber et al. διαπίστωσε ότι 300 mg εκχυλίσματος σπαθόχορτου που περιείχε 14,8 mg υπερφορίνης παράγααν  $C_{max}$  περίπου 150 ng/ml μετά από 3,5 ώρες. Η φαρμακοκινητική της υπερφορίνης αποδείχθηκε ότι είναι γραμμική έως και τα 600 mg εκχυλίσματος. Οι τιμές  $C_{max}$  ήταν χαμηλότερες στα 900 ή 1200 mg από ό,τι θα είχε προβλεφθεί με γραμμική παρέκταση των δεδομένων από χαμηλότερες δόσεις. Δεν παρατηρήθηκε συσσώρευση υπερφορίνης στο πλάσμα σε μια έρευνα επαναλαμβανόμενης δόσης (Andren and Andreasson Åand Eggertsen, 2007).

Οι εκτιμώμενες συγκεντρώσεις υπερφορίνης στο πλάσμα σε σταθερή κατάσταση μετά από  $3 \times 300$  mg/ημέρα του εκχυλίσματος ή μετά από ένα τυπικό θεραπευτικό σχήμα δόσης, ήταν περίπου 100 ng/ml με βάση τις παρατηρούμενες τιμές από τη δοκιμή επαναλαμβανόμενης δόσης (περίπου 180 nM). Η ίδια η υπερφορίνη μεταβολίζεται εκτενώς στον άνθρωπο, σύμφωνα με πειράματα in vitro χρησιμοποιώντας μικροσώματα ανθρώπινου ήπατος. Ως αποτέλεσμα, δέκα φορές περισσότερη υπερφορίνη λαμβάνεται στο σώμα και μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο μεταβολισμού των άλλων φαρμάκων (Andren and Andreasson Åand Eggertsen, 2007).

### 3.5.8 Αλληλεπίδραση με άλλα φαρμακευτικά φυτά

Η κατανόηση των αλληλεπιδράσεων βοτάνου-φαρμάκου με το σπαθόχορτο μπορεί επίσης να επηρεαστεί από το σχεδιασμό της μελέτης. Για παράδειγμα, στη μελέτη των Rengelshausen et al. η εξέταση της αλληλεπίδρασης βοτάνου-φαρμάκου με τη βορικοναζόλη έδειξε ότι η συγχορήγηση του σπαθόχορτου μπορεί να είναι επαγωγέας και όχι αναστολέας του μεταβολισμού των φαρμάκων μακροπρόθεσμα (Rengelshausen et al., 2005). Αυτό είναι

αποτέλεσμα των προ- και αντι-διεγερτικών δράσεων του συνδυασμού των δραστικών συστατικών του σπαθόχορτου. Παρατηρήθηκαν διαφορετικές πρώιμες και μακροπρόθεσμες επιδράσεις, υποδηλώνοντας είτε ότι οι κλινικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις συνέβησαν γρήγορα μετά την έναρξη της θεραπείας είτε ότι συνέβησαν μόνο μετά από παρατεταμένη θεραπεία (Wang *et al.*, 2001).

#### 4 **Επιδράσεις του σπαθόχορτου και των συστατικών του στις διαταραχές άγχους**

Σε αντίθεση με την κατάθλιψη, τα τρέχοντα στοιχεία σχετικά με τις αγχολυτικές επιδράσεις του σπαθόχορτου δεν είναι επαρκώς εκτεταμένα ή αυστηρά. Οι προκλινικές και κλινικές μελέτες που αξιολογούν τις αγχολυτικές δράσεις του σπαθόχορτου θα περιγραφούν παρακάτω.

##### 4.1 Προκλινικές μελέτες

Οι αγχολυτικές επιδράσεις του σπαθόχορτου έχουν διερευνηθεί σε διάφορα ζωικά μοντέλα άγχους (Kumar and Singh, 2007; Zirak *et al.*, 2019). Σε μια μελέτη που διερευνά τα αποτελέσματα της οξείας και χρόνιας δια του στόματος θεραπείας με σπαθόχορτο (LI 160: 62.5–500 mg/kg) σε αρουραίους που υποβλήθηκαν σε διαφορετικά μοντέλα άγχους, συμπεριλαμβανομένου του ανυψωμένου λαβύρινθου T, της μετάβασης στο φως/σκότος και της δοκιμής οσμής γάτας, παρατηρήθηκαν τα αγχολυτικά αποτελέσματα σε ένα συγκεκριμένο υποσύνολο αμυντικών συμπεριφορών, ιδιαίτερα εκείνων που σχετίζονται με το γενικευμένο άγχος (Flausino Jr *et al.*, 2002). Οι A. Kumar και Singh (2007) διεξήγαγαν μια μελέτη για να διερευνήσουν την προστατευτική επίδραση του σπαθόχορτου στην αγχώδη συμπεριφορά που προκαλείται από στέρηση ύπνου σε ποντίκια και διαπίστωσαν ότι αυτό το φαρμακευτικό φυτό είναι μια αποτελεσματική επιλογή για τη διαχείριση της, ειδικά σε συνδυασμό με ιμιπραμίνη. Το σπαθόχορτο παρατηρήθηκε επίσης ότι είναι αποτελεσματικό στην αύξηση του χρόνου που αφιερώνεται στις ανοιχτές περιοχές του υπερυψωμένου λαβύρινθου, υποδεικνύοντας αγχολυτικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, αυτές οι παρατηρούμενες επιδράσεις δεν αποδίδονταν στην υπερφορίνη, επειδή το σπαθόχορτο που δοκιμάστηκε σε αυτή τη μελέτη στερούνταν αυτής της ουσίας (Coleta *et al.*, 2001).

##### 4.2 Κλινικές δοκιμές

Τα κλινικά στοιχεία σχετικά με την αποτελεσματικότητα του βαλσαμόχορου στη διαχείριση των αγχωδών διαταραχών είναι πολύ περιορισμένα. Μια ανοιχτή δοκιμή καταθλιπτικών ασθενών με συννοσηρό άγχος έδειξε βελτίωση των συμπτωμάτων άγχους με συνδυαστική θεραπεία εκχυλίσματος σπαθόχορτου και εκχυλίσματος βαλεριάνας (Chatterjee *et al.*, 1998). Εξάλλου, σε μια σειρά περιπτώσεων τριών ασθενών με γενικευμένη αγχώδη διαταραχή, υπήρχαν ενδείξεις αρχικής ανταπόκρισης στο εκχύλισμα σπαθόχορτου (Davidson & Connor, 2001). Μόνο ένας περιορισμένος αριθμός δοκιμών έχει αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα του σπαθόχορτου στη θεραπεία αγχωδών διαταραχών όπως η ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή



(Obsessive Compulsive Disorder, OCD) και η κοινωνική αγχώδης διαταραχή (Social Anxiety Disorder, SAD) (Kobak et al., 2005).

#### 4.3 Ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή

Η Ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή (Obsessive Compulsive Disorder, OCD) είναι μια αναπηρική αγχώδης διαταραχή, που προκαλεί σημαντική επιβάρυνση ασθενειών, με παγκόσμιο επιπολασμό 2,5% (Ruscio, Stein, Chiu, & Kessler, 2010). Η OCD χαρακτηρίζεται από επαναλαμβανόμενες, επίμονες, ανεπιθύμητες σκέψεις ή επαναλαμβανόμενες, τελετουργικές συμπεριφορές. Οι θεραπευτικές δυνατότητες του σπαθόχορτου ως θεραπεία της OCD έχει διερευνηθεί σε δύο προηγούμενες δοκιμές (Kobak et al., 2005). Σε μια ανοιχτή δοκιμή από τους Taylor και Kobak (2000), 12 άτομα με πρωτογενή διάγνωση OCD τουλάχιστον 12 μηνών υποβλήθηκαν σε θεραπεία με σταθερή δόση 450 mg 0.3% υπερικίνη δύο φορές την ημέρα (σκεύασμα παρατεταμένης αποδέσμευσης) για 12 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στην OCD που αντικατοπτρίζεται από μια πτώση στη βαθμολογία της Ιδεοψυχαναγκαστικής Κλίμακας Yale-Brown (Y-BOCS) (Kobak et al., 2005).

Οι Kobak, Taylor, Bystritsky et al. (2005) σχεδίασαν μια διπλή-τυφλή ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο δοκιμή όπου 60 άτομα κατανεμήθηκαν τυχαία για να λάβουν μια ευέλικτη δόση σπαθόχορτου (600–1.800 mg/ημέρα) ή αντίστοιχου εικονικού φαρμάκου για διάρκεια 12 εβδομάδων. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ της μέσης αλλαγής στις βαθμολογίες Y-BOCS με το σπαθόχορτο και στη μέση μεταβολή που βρέθηκε με το εικονικό φάρμακο (Kobak et al., 2005). Αυτά τα αντίθετα ευρήματα μπορούν εν μέρει να εξηγηθούν από διαφορετικούς σχεδιασμούς μελέτης (δοκιμή ανοιχτής ετικέτας έναντι ελεγχόμενης δοκιμής με εικονικό φάρμακο) και από διαφορετικά σκευάσματα που χρησιμοποιούνται (LI 160 έναντι Alterra).

#### 4.4 Κοινωνική αγχώδης διαταραχή

Η κοινωνική αγχώδης διαταραχή (Social Anxiety Disorder, SAD) είναι μια κοινή διαταραχή που χαρακτηρίζεται από σημαντικούς και υπερβολικούς φόβους αμηχανίας και ταπείνωσης σε κοινωνικές καταστάσεις ή καταστάσεις που βασίζονται στην απόδοση (Stein & Stein, 2008). Η SAD έχει εκτιμηθεί ότι είναι η πιο αγχώδης διαταραχή, με επιπολασμό στη διάρκεια της ζωής κατά 12% (Kessler et al., 2005).

Μέχρι σήμερα, μόνο μία μελέτη έχει εξετάσει την πιθανή αποτελεσματικότητα του σπαθόχορτου σε γενικευμένη SAD. Σε αυτή τη δοκιμή διάρκειας 12 εβδομάδων, 40 εξωτερικοί

ασθενείς με πρωτογενή διάγνωση κοινωνικής φοβίας τυχαιοποιήθηκαν σε μια ευέλικτη δόση (600–1.800 mg) σπαθόχορτου (n = 20) ή εικονικού φάρμακου (n = 20). Τα αποτελέσματα αυτής της πιλοτικής μελέτης απέτυχαν να παράσχουν στοιχεία για την αποτελεσματικότητα του εκχύλισματος σπαθόχορτου στην κοινωνική φοβία. Ωστόσο, τα τρέχοντα κλινικά στοιχεία δεν είναι ακόμη αρκετά ισχυρά για να προτείνουν σαφείς συστάσεις βασισμένες σε στοιχεία (Kobak *et al.*, 2005).

#### 4.5 Το σπαθόχορτο στην καταπολέμηση του SARS-CoV-2

Το σπαθόχορτο, παρά τις ήδη πολυπληθείς θεραπευτικές του ιδιότητες, έχει πρόσφατα ερευνηθεί για την ικανότητα του στην άμεση καταπολέμηση του SARS-CoV-2. Οι Yalçin *et al.* (2021) ερεύνησαν το ενδεχόμενο για χρήση του σπαθόχορτου για την καταπολέμηση του COVID-19. Με βάση τα ευρήματά τους, καθορίστηκε ότι το σπαθόχορτο μπορεί να είναι αποτελεσματικό κατά του COVID-19, και προτάθηκε ότι οι βιοδραστικές ενώσεις του θα μπορούσαν να ελεγχθούν σε πειραματικές έρευνες *in vitro* και *in vivo* για να προσδιοριστεί περαιτέρω η ανασταλτική τους αποτελεσματικότητα (Yalçin, Yalçinkaya and Ercan, 2021).

Οι ενήλικες και οι ηλικιωμένοι που πάσχουν από COVID-19 εμφανίζουν συνήθως συμπτώματα πυρετού, ξηρού βήχα και δύσπνοιας ποικίλης σοβαρότητας. Μια ευρεία κυψελιδική-διάμεση πνευμονία με σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας εμφανίζεται στο 20% των ατόμων. Όταν η νόσος εξελίσσεται και η ανοσοαπόκριση και/ή η αντιική θεραπεία αποτυγχάνουν να εξαλείψουν τον ιό, εμφανίζεται μια υπερβολική απελευθέρωση προφλεγμονωδών κυτοκινών ή «καταιγίδα κυτοκινών» (cytokine storm) (λ.χ. TNF, IL1, IL6, IFN, CXCL10, MCP1), προκαλώντας εκτεταμένη αγγειίτιδα, υπερπηκτικότητα και πολυοργανική βλάβη που, μαζί με σχετική αναπνευστική ανεπάρκεια, αντιπροσωπεύουν την πιο κοινή αιτία θανάτου (Zhang *et al.*, 2020). Έγινε γνωστό ότι το εκχύλισμα σπαθόχορτου και του κυρίου συστατικού της, της υπερφορίνης, μπορούν να εξουδετερώσουν δυναμικά τις προφλεγμονώδεις επιδράσεις των διαφόρων κυτοκινών (Masiello *et al.*, 2020), όπως έχουν δείξει στο παρελθόν οι πειραματικές μελέτες σε φυσικές ενώσεις ικανές να προστατεύουν τα κύτταρα του παγκρέατος έναντι των κυτοκινών (Menegazzi *et al.*, 2008). Στην πραγματικότητα, το εκχύλισμα σπαθόχορτου όχι μόνο έχει αναστείλει τις επιδράσεις των κυτοκινών σε μεμονωμένες παγκρεατικές νησίδες αρουραίων και ανθρώπων αλλά και σε κυτταρικές σειρές β (β-cell lines) (Novelli *et al.*, 2014). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι αυτές οι φυσικές ουσίες εισέρχονται αποτελεσματικά στα κύτταρα και τους δίνουν μια μακροχρόνια κατάσταση «αντίστασης στις κυτοκίνες» (Novelli *et al.*, 2019). Θα πρέπει να σημειωθεί, όμως, ότι παρά το γεγονός ότι το εκχύλισμα σπαθόχορτου τυπικά περιέχει πρόσθετες δραστικές

ουσίες σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις (όπως υπερικίνη, ρουτίνη, φλαβονοειδή, κερσετίνη και μυρισετίνη), καμία άλλη ουσία, πέρα της υπερφορίνης, δεν ανακαλύφθηκε αποτελεσματική στην καταπολέμηση των επιδράσεων των κυτοκινών στο εύρος 1,0 μmol (Menegazzi *et al.*, 2008). Θεωρείται επομένως από τους Masiello *et al.* (2020), ότι η χρήση του σπαθόχορτου θα είχε θετικές επιπτώσεις όχι μόνο στη καταπολέμηση του άγχους που προκαλείται λόγω της πανδημίας, αλλά και στη πρόληψη της δράσης των κυτοκινών, το οποίο θεωρείται ότι είναι η κύρια αιτία θανάτου λόγω του ιού SARS-CoV-2 (Masiello *et al.*, 2020).

#### 4.6 Κονιοποιημένη μορφή του σπαθόχορτου

Παρά την ευρεία χρήση του ως συμπλήρωμα διατροφής, έχει υπάρξει περιορισμένη έρευνα σχετικά με τις θρεπτικές ιδιότητες του κονιοποιημένου σπαθόχορτου. Οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με το θρεπτικό περιεχόμενο του βασίζονται γενικά σε αναλύσεις της αποξηραμένης μορφής (Εικ 5.1) του φυτικού υλικού και όχι αυτής σε μορφή σκόνης. Σαν αποτέλεσμα, το διατροφικό περιεχόμενο του κονιοποιημένου σπαθόχορτου μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως οι συνθήκες καλλιέργειας και η μέθοδος εκχύλισης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του αλέσματος. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την πλήρη κατανόηση των θρεπτικών ιδιοτήτων αυτού του δημοφιλούς συμπληρώματος.

Όπως συμβαίνει με κάθε συμπλήρωμα διατροφής, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη τόσο τα πιθανά οφέλη όσο και οι κινδύνοι που σχετίζονται με την κατανάλωση αλεσμένου σπαθόχορτου. Από τη μία πλευρά, το σπαθόχορτο έχει αποδειχθεί ότι περιέχει μια σειρά από ενώσεις με αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένων των φλαβονοειδών και των φαινολικών οξέων. Αυτές οι ενώσεις μπορεί να έχουν θετικό αντίκτυπο στην υγεία, βοηθώντας στην προστασία των κυττάρων από βλάβες και μειώνοντας τον κίνδυνο ορισμένων ασθενειών.

Από την άλλη πλευρά, όπως προαναφέρθηκε, το σπαθόχορτο έχει επίσης αποδειχθεί ότι αλληλεπιδρά με μια σειρά από συνταγογραφούμενα φάρμακα, συμπεριλαμβανομένων των αντικαταθλιπτικών, των αντισυλληπτικών χαπιών και άλλων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές παρενέργειες και είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η συμβουλή από φαρμακευτικό ειδικό πριν καταναλωθεί ένα προϊόν που περιέχει σπαθόχορτο σε σκόνη, ιδιαίτερα στη περίπτωση που λαμβάνονται φάρμακα.

Εν κατακλείδι, ενώ το άλεσμα σπαθόχορτου μπορεί να έχει πιθανά οφέλη για την υγεία, έχει γίνει περιορισμένη έρευνα σχετικά με τις λεπτομερείς θρεπτικές του ιδιότητες ενώ η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητά του ως συμπλήρωμα δεν έχουν μελετηθεί εκτενώς. Όπως με κάθε συμπλήρωμα διατροφής, είναι σημαντικό να εξεταστούν περαιτέρω τόσο τα πιθανά οφέλη όσο και οι κινδύνοι που συνδέονται με τη χρήση του.



Εικόνα 5.1 Αποξηραμένη μορφή σπαθόχορτου πριν την άλεση

#### 4.7 Το σπαθόχορτο ως συστατικό λειτουργικών προϊόντων μπισκότου

Τα προϊόντα που παρασκευάζονται από σπαθόχορτο χρησιμοποιούνται συχνά για τη θεραπεία της ήπιας έως μέτριας κατάθλιψης και του ήπιου άγχους. Τα προϊόντα έχουν εγκριθεί για τέτοια χρήση, ως παραδοσιακά βότανα, σε πολλά έθνη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συμπεριλαμβανομένου και του Ηνωμένου Βασιλείου. Τα προϊόντα που περιέχουν SJW κατηγοριοποιούνται ως διαιτητικά (βοτανικά) συμπληρώματα στις ΗΠΑ και σε ορισμένες άλλες χώρες, αν και σε χώρες όπως η Γερμανία, για παράδειγμα, είναι ήδη εγκεκριμένα ως φάρμακα.

Ο τομέας των τροφίμων αναπτύσσεται γρήγορα τα τελευταία χρόνια, γεγονός που είχε είτε θετικές είτε αρνητικές επιπτώσεις. Η ταχύτητα της ζωής σήμερα αναπτύσσεται σε ανησυχητικό βαθμό, και πολλοί είναι απασχολημένοι με τη δουλειά και την επαγγελματική τους εξέλιξη, κάτι που αφήνει λιγότερο χρόνο για προετοιμασία γευμάτων. Κατά συνέπεια, υπάρχει ανάγκη για τρόφιμα έτοιμα-προς-κατανάλωση και προπαρασκευασμένα γεύματα, τα

οποία συχνά αποτελούνται από τρόφιμα υψηλής επεξεργασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών μη-μολυσματικών ασθενειών που οφείλονται στη διατροφή.

Αν και εξακολουθεί να υπάρχει υψηλό επίπεδο κατανάλωσης επεξεργασμένων τροφίμων, η ευαισθητοποίηση των καταναλωτών ως προς τα προβλήματα της διατροφής αυξάνεται ραγδαία. Επιπλέον, η επεξεργασία τροφίμων μπορεί να μετατρέψει μια ποικιλία ουσιών σε προφλεγμονώδεις παράγοντες και να οδηγήσει σε ανισορροπία των συστατικών της μικροχλωρίδας του εντέρου. Οι άνθρωποι είναι πλέον περισσότερο πιθανό να επιλέγουν τρόφιμα υψηλής ποιότητας και έχουν μεγαλύτερη επίγνωση της διαιτητικής σύνθεσης. Έτσι, οι παραγωγοί αναγκάστηκαν να δημιουργήσουν νέα προϊόντα που ικανοποιούν τους καταναλωτές, ιδιαίτερα σνακ όπως μπισκότα και γλυκά. Λόγω της ευκολίας στη προσβασιμότητά τους, αυτού του είδους τα τρόφιμα είναι ιδιαίτερα ελκυστικά και χρησιμεύουν ως ένα στέρεο θεμέλιο για την ανάπτυξη νέων λειτουργικών προϊόντων διατροφής, τα οποία θεωρούνται ως μια πιο υγιεινή εναλλακτική στα συμβατικά τρόφιμα (Antonic *et al.*, 2021).

Το σπαθόχορτο έχει υποβληθεί σε εκτεταμένες δοκιμές και λαμβάνεται συχνά ως συμπλήρωμα, άλεσμα ή έλαιο (Schepetkin *et al.*, 2020). Οι πολυάριθμες βιοδραστικές ουσίες που βρίσκονται στο σπαθόχορτο, που είναι ευεργετικές για τον ανθρώπινο οργανισμό, και περιλαμβάνουν την υπερικίνη, την υπεροσίδη, τη ρουτίνη, την κερσετίνη, τις τανίνες και την υπερφορίνη, διαθέτουν χρήσιμες τεχνολογικές εφαρμογές στη παραγωγή βιολειτουργικών προϊόντων (Di Lorenzo *et al.*, 2021). Ιδιαίτερα η υπερικίνη και η υπερφορίνη, είναι καλά τεκμηριωμένες για την ικανότητά τους να επηρεάζουν τη διάθεση και να έχουν αντικαταθλιπτική επίδραση μέσω μιας συνεργιστικής δράσης, οι οποίες θα μπορούσαν να ενταχθούν σε τρόφιμα υψηλής διατροφικής αξίας (Galeotti, 2017). Ωστόσο, απαιτείται μακροχρόνια χρήση σημαντικών δόσεων του φυτού για να επιφέρει θεραπευτικό αποτέλεσμα (Lawvere and Mahoney, 2005). Επιπλέον, το σπαθόχορτο έχει τεκμηριωθεί ως με επιπρόσθετες αντιοξειδωτικές, αντιδιαβητικές ή αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, καθιστώντας τα προϊόντα όχι μόνο για τη θεραπεία νευρολογικών παθήσεων (Alahmad *et al.*, 2021).

Τα τελευταία χρόνια, οι άνθρωποι έχουν αρχίσει να βλέπουν τα τρόφιμα ως πηγή βιοενεργών συστατικών, τα οποία μπορεί να έχουν ποικίλες θετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι άνθρωποι περνούν περισσότερο χρόνο στο σπίτι, συμμετέχουν σε λιγότερη φυσική δραστηριότητα και βιώνουν υψηλότερα επίπεδα στρες ως αποτέλεσμα της πανδημικής κατάστασης της ασθένειας SARS-CoV-2 και COVID-19. Επομένως, θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη πρόληψη διαταραχών όπως το άγχος, η κατάθλιψη, η υπέρταση, η παχυσαρκία και ο διαβήτης. Θα πρέπει να περιλαμβάνονται διατροφικά συστατικά που έχουν αντιοξειδωτική δράση.

Ένας τρόπος για να βελτιωθεί η ποιότητα των προϊόντων υπέρ της υγείας και της σύνθεσης είναι μέσω του εμπλουτισμού των τροφίμων. Πολλές διαφορετικές κατηγορίες προϊόντων διατροφής περνούν από αυτή τη διαδικασία. Το ψωμί (Dziki *et al.*, 2021), τα ζυμαρικά (Biernacka *et al.*, 2021) ή σνακ όπως γκοφρέτες (Jakubczyk *et al.*, 2020), κράκερ (Ranok *et al.*, 2021) και μπισκότα (Złotek, 2018) είναι τα πιο συχνά εμπλουτισμένα τρόφιμα.

Ο εμπλουτισμός τροφίμων τροποποιεί τις τεχνολογικές ιδιότητες των αντικειμένων και αλλάζει την υφή, τη γεύση ή το άρωμά τους (π.χ. αξία ψησίματος ή συνθήκες αποθήκευσης). Επιπλέον, μπορεί να οδηγήσει στην προσθήκη ολοκαίνουργιων χαρακτηριστικών που δεν αποτελούσαν προηγούμενος μέρος του προϊόντος. Τα συστατικά που αντιπροσωπεύουν οι προσθήκες περιλαμβάνουν άχρηστα υλικά, αλεύρι, λάδι, φρούτα, λαχανικά και βότανα. Τα βότανα χρησιμοποιούνται στη δημιουργία πολλών ειδών δημητριακών επειδή όχι μόνο ενισχύουν τη γεύση και το άρωμα των αγαθών, αλλά μπορούν επίσης να προσφέρουν μια σειρά από οφέλη για την υγεία (όπως αντιοξειδωτική, αντικαρκινική ή αντιφλεγμονώδη δράση).

Η τεχνολογική χρησιμότητα σε προϊόντα τροφίμων δεν περιορίζεται μόνο στον εμπλουτισμό των θρεπτικών του συστατικών. Είναι γνωστό ότι οι ασθένειες προερχόμενες από τρόφιμα μολυσμένα με παθογόνους μικροοργανισμούς προκαλούν σοβαρά προβλήματα στη δημόσια υγεία. Συγκεκριμένα, gram-θετικά παθογόνα βακτήρια όπως τα *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, αλλά και gram-αρνητικά όπως η *Salmonella spp.* έχουν παρατηρηθεί σε προϊόντα σίτου και σε προϊόντα ζυμαριού για μπισκότα (Wu, 2016; Magallanes López and Simsek, 2021).

Έχει αναφερθεί ότι το σπαθόχορτο είχε ανασταλτική δράση στην ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών που δύναται να βρίσκονται στα μπισκότα, με την κύρια αντιμικροβιακή δράση να έχει αποδοθεί στις υπερικίνη και υπερφορίνη (Avato *et al.*, 2004). Η αντιμικροβιακή δράση του σπαθόχορτου εκτείνεται επίσης σε άλλα τροφιμογενή παθογόνα βακτήρια, όπως ο *Staphylococcus aureus*, η *Shigella dysenteriae* και ο *Enterococcus faecalis* (Lyles *et al.*, 2017). Η εκτεταμένη αντιμικροβιακή δράση του σπαθόχορτου και των συστατικών του το καθιστούν ιδανικό για την παραγωγή τροφίμων έτοιμων προς κατανάλωση, καθώς η ασφάλεια είναι ένα σοβαρό ζήτημα σε τέτοια προϊόντα.

Οι Jakubczyk *et al.* (2021) είναι οι μόνοι που μέχρι σήμερα έχουν εμπλουτίσει μπισκότα σίτου με αποξηραμένο σπαθόχορτο. Επιπλέον, προσδιόρισαν το φαινολικό τους περιεχόμενο, τα επίπεδα των φλαβονοϊδών, των ανάγοντων σακχάρων και των πεπτιδίων τους. Ανέφεραν επίσης ότι τα εμπλουτισμένα προϊόντα, ενώ είχαν μεγαλύτερα ποσοστά φαινολικών ουσιών, δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά, από τα κανονικά προϊόντα, στην ικανότητα απορρόφησης νερού και ελαίου. Κατέληξαν ότι, λόγω των ανωτέρω, τα προϊόντα μπισκότων

εμπλουτισμένα με αποξηραμένο σπαθόχορτο έχουν υψηλότερα επίπεδα βιολειτουργικών συστατικών και υψηλού αντιοξειδωτικού περιεχομένου. Έδρασαν, επίσης, θετικά στην αναστολή μη-μολυσματικών ασθενειών, όπως το μεταβολικό σύνδρομο, και τονίστηκε ότι η παραγωγή τέτοιων καινοτόμων προϊόντων θα ήταν αποτελεσματική για μια πληθώρα οφελών και όχι μόνο για τη καταπολέμηση των συμπτωμάτων της κατάθλιψης (Jakubczyk *et al.*, 2021).



## 5 Γλυκά αρτοσκευάσματα

### 5.1 Εισαγωγή

Τα προϊόντα αρτοποιίας αποτελούν σημαντικό μέρος της διατροφής παγκοσμίως. Καταναλώνονται για πρωινό, ως σνακ και με τη μορφή του άρτου ως βασικό και καθημερινό προϊόν. Συγκεκριμένα τα γλυκά αρτοσκευάσματα διαθέτουν άλευρο, λίπος, αυγά, γάλα, αλάτι, παράγοντες διόγκωσης αλλά και το σημαντικότερο αυξημένη συγκέντρωση ζαχάρους, η οποία προσδίδει την γλυκιά γεύση (Lazos E. & Lazou A., 2016a).

Η λέξη μπισκότο προέρχεται από τη λατινική λέξη panis biscotis που σημαίνει άρτος δύο φορές μαγειρεμένο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αρχική διαδικασία αποτελούνταν από το ψήσιμο των μπισκότων σε ζεστό φούρνο και στη συνέχεια στο στέγνωμα σε φούρνο με χαμηλές θερμοκρασίες. Το μπισκότο έχει δύο έννοιες, με την πρώτη να σημαίνει, μικρός στρογγυλός άρτος ζυμωμένο με μπέικιν πάουντερ ή σόδα ενώ την δεύτερη οποιοδήποτε από τα διάφορα μικρά επίπεδα γλυκά κέικ (Lai and Lin, 2006).

Στην παρασκευή μπισκότων, τα κύρια συστατικά είναι το αλεύρι σίτου, η ζάχαρη, το λίπος, το νερό και το αλάτι. Αυτά αναμιγνύονται μαζί με άλλα δευτερεύοντα συστατικά όπως θεωρείται το μπέικιν πάουντερ, το αποβουτυρωμένο γάλα, ή οι γαλακτωματοποιητές για να σχηματίσουν ένα καλά ανεπτυγμένο δίκτυο γλουτένης (Mamat, Abu Hardan and Hill, 2010).

Τα μπισκότα είναι τα πιο δημοφιλή είδη αρτοποιίας που καταναλώνονται καθημερινά με το κύριο χαρακτηριστικό με το οποίο διαφέρουν από άλλα προϊόντα αρτοποιίας είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (Červenka, Brožková and Vytřasová, 2006). Αυτό οφείλεται κυρίως στην έτοιμη προς κατανάλωση φύση τους, την καλή διατροφική τους ποιότητα, τη διαθεσιμότητα σε πολλές ποικιλίες το οποίο χαρακτηριστικό είναι σημαντικός πόλος έλξης, την θρεπτική τους αξία, την μεγάλη διάρκεια ζωής τους και την οικονομική τους προσιτότητα (Singh *et al.*, 2012).

### 5.2 Ταξινόμηση μπισκότων

Με βάση τα χαρακτηριστικά του ζυμαριού, τα μπισκότα ταξινομούνται σε, μπισκότα με μαλακό ζυμάρι, με σκληρό ζυμάρι και στα κράκερ (που έχουν υποστεί ζύμωση ή δεν έχουν υποστεί ζύμωση). Ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής, τα μπισκότα με μαλακού ζυμαριού ταξινομούνται περαιτέρω ως καλουπωμένα ή κομμένα με σύρμα. Η διαφορά στις ιξωδοελαστικές ιδιότητες του μαλακού και σκληρού ζυμαριού οφείλεται κυρίως στη διακύμανση του επιπέδου της ζάχαρης και του λίπους καθώς και στις συνθήκες ανάμειξης. Το σκληρό ζυμάρι συνήθως περιέχει χαμηλότερο επίπεδο λίπους και/ή ζάχαρης, ενώ το μαλακό

ζυμάρι περιέχει υψηλότερη ποσότητα λίπους και ζάχαρης. Τα μπισκότα ταξινομούνται επίσης με βάση τη γεύση σε τρεις κατηγορίες. Στη πρώτη κατηγορία βρίσκονται τα γλυκά μπισκότα που παράγονται κυρίως από μαλακό ζυμάρι και με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και λιπαρά. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα ημίγλυκα μπισκότα, τα οποία παράγονται από σκληρό ζυμάρι και χαρακτηρίζονται από χαμηλά λιπαρά και ζάχαρη και είναι διαδεδομένα και ως μπισκότα τσαγιού. Τέλος είναι τα μπισκότα με αλάτι ή κράκερ ή φουσκωμένα μπισκότα τα οποία περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία. Αυτά τα μπισκότα παρασκευάζονται με την τεχνική της ζύμωσης ή ακόμα και από σκληρό ζυμάρι που δεν έχει υποστεί ζύμωση και έχουν χαμηλή ποσότητα λιπαρών και ζάχαρης. Ωστόσο, το λίπος θεωρείται συνήθως υψηλό, καθώς αυτά τα μπισκότα συνήθως στρώνονται ή αλείφονται με λάδι ή ψεκάζονται με λάδι (Lai and Lin, 2006).

### 5.3 Συστατικά των μπισκότων και λειτουργικές τους ιδιότητες

#### 5.3.1 Αλεύρι σίτου

Το αλεύρι είναι πολύ σημαντικό και βασικό συστατικό των μπισκότων. Το σιτάρι περιέχει 85% ενδοσπέρμιο, 13% πίτουρο και 2% φύτρο. Για την παρασκευή μπισκότων, χρησιμοποιείται εξευγενισμένο αλεύρι σίτου που είναι κυρίως το ενδοσπέρμιο μέρος του σιταριού. 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 (Lazou, Anastasiadis and Provata, 2021).

Η δύναμη του αλεύρου σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα και την ποιότητα της περιεχόμενης πρωτεΐνης. Ο τύπος του αλευριού που χρησιμοποιείται εξαρτάται από το μπισκότο: για την ποικιλία των μπισκότων με δομή κουραμπιέ (*short biscuits*) και για ημίγλυκα μπισκότα χρησιμοποιείται αδύναμο αλεύρι με ποσοστό πρωτεΐνης 8–9,5% ενώ για την ποικιλία μπισκότων με σκληρό ζυμάρι χρησιμοποιείται δυνατό αλεύρι με ποσοστό πρωτεΐνης 9–11% (Singh *et al.*, 2012, Lazos E. & Lazou A., 2016). Το αλεύρι από διάφορες ποικιλίες σιταριού ποικίλλει σε περιεκτικότητα και ποιότητα πρωτεΐνης. Σύμφωνα με τους De La Roche και Fowler (1975), μια αύξηση στην περιεκτικότητα πρωτεΐνης τείνει να μειώσει το μήκος του μπισκότου μετά το ψήσιμο. Δεν υπάρχουν πολλές αναφορές σχετικά με το ρόλο της γλουτένης στην παρασκευή μπισκότων.

Το αλεύρι που χρησιμοποιείται για την παρασκευή μπισκότων ελέγχεται συνήθως για την καθαρότητα του δηλαδή οφείλει να είναι απαλλαγμένο από ξένες ύλες, να ρέει ελεύθερα και να έχει λευκό έως κρεμώδες λευκό χρωματισμό (Singh *et al.*, 2012). Το αλεύρι για το μπισκότο πρέπει να περάσει από κόσκινο. Σε γενικές γραμμές, μπορεί να ειπωθεί ότι οι ιδιότητες ενός καλού αλεύρου για μπισκότα και ενός καλού αλεύρου για ψωμί είναι αντίθετες. Τα αλεύρια μπισκότων παρασκευάζονται από χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Όταν αναμιγνύονται με το νερό, οι σημαντικές πρωτεΐνες γλουτενίνη και γλοιαδίνη που περιέχονται στο σιτάρι σχηματίζουν γλουτένη, η οποία είναι σκληρή και ελαστική. Δίνει δομή στα μπισκότα και συγκρατεί άλλα συστατικά όπως την ζάχαρη, το λίπος και το νερό. Οι κύριες λειτουργίες του στο ζυμάρι των μπισκότων είναι ο σχηματισμός του ζυμαριού κατά την ανάμιξη, διατηρώντας όλα τα υλικά ομοιόμορφα κατανεμημένα και καθιστώντας δυνατή την εύκολη μηχανική κατεργασία, την συγκράτηση των αερίων κατά τη ζύμωση και το ψήσιμο και τέλος στο σχηματισμό της δομής των μπισκότων.

### 5.3.2 Ζάχαρη

Η ζάχαρη είναι ένα σημαντικό συστατικό των short-dough μπισκότων. Η ζάχαρη που χρησιμοποιείται στο ψήσιμο μπισκότων μπορεί να κυμαίνεται από απλά σάκχαρα όπως γλυκόζη και λεβουλόζη (μονοσακχαρίτες) έως σύνθετα σάκχαρα όπως σακχαρόζη και μαλτόζη (δισακχαρίτες). Οι αλλαγές στη σύσταση του ζυμαριού λόγω της περιεκτικότητας σε ζάχαρη εξαρτώνται από τον τύπο του ζυμαριού μπισκότων. Συνήθως χρησιμοποιείται σακχαρόζη και σιρόπι γλυκόζης. Η λακτόζη μπορεί να υπάρχει απευθείας ως συστατικό ή στο αποβουτυρωμένο γάλα ή σε σκόνη ορού γάλακτος. Μερικές φορές προστίθενται μαλτοδεξτρίνες, οι οποίες είναι αποτελεσματικές ως σιρόπι γλυκόζης χαμηλής ισοδυναμίας δεξτρόζης, για να ενισχύσουν την τραγανότητα. Η ζάχαρη που χρησιμοποιείται στην παρασκευή μπισκότων μπορεί να κυμαίνεται από ιμβερτοποιημένο σιρόπι, το "χρυσό σιρόπι" όπου πρόκειται για ζάχαρη που έχει διασπαστεί σε φρουκτόζη και γλυκόζη με τη μέθοδο της ιμβερτοποίησης, σιρόπι γλυκόζης, μέλι έως και προϊόν υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη. Η ποσότητα, η κοκκομετρία και το είδος της ζάχαρης που χρησιμοποιείται επηρεάζουν την ποιότητα του μπισκότου. Η ποσότητα ζάχαρης που μπαίνει στο διάλυμα εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων της ζάχαρης και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εξάπλωση των μπισκότων και τις μηχανικές ιδιότητες του ζυμαριού.

Από λειτουργική άποψη, η ζάχαρη περιορίζει την ανάπτυξη της γλουτένης ανταγωνιζόμενη για νερό που διαφορετικά θα είχε απορροφηθεί από τη γλουτένη (YAMAZAKI, W.T. and LORD, 1971). Ένα αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η αύξηση στην εξάπλωση του μπισκότου και μια μείωση στο πάχος του (Zoulias, Piknis and Oreopoulou, 2000). Επιπλέον, μια ελαφρά αύξηση στην περιεκτικότητα σε ζάχαρη έχει συσχετιστεί με βελτιωμένη σκληρότητα του ζυμαριού (Slade and Levine, 1994). Συνοψίζοντας τις ιδιότητες της ζάχαρης στην παρασκευή μπισκότων, η ζάχαρη προσδίδει γλυκιά γεύση, μαλακώνει τις πρωτεΐνες του άλευρου και όντας υγροσκοπική βοηθάει στην διατήρηση της υγρασίας των μπισκότων, η οποία ταυτόχρονα επεκτείνει την διάρκεια ζωής των προϊόντων. Επιπλέον προσδίδει το κοινό χρώμα των μπισκότων λόγω της καραμελοποίησης της ζαχάρεως καθώς και των αντιδράσεων Maillard. Τέλος η ζάχαρη διαθέτει λιπαντική δράση ως προς τις διαμορφώμενες ίνες της γλουτένης προσδίδοντας αυξημένο τελικό όγκο στο προϊόν ή κατά την χρήση μαγιάς είναι απαραίτητο συστατικό για την ζύμωση της και την παραγωγή αερίου CO<sub>2</sub> προσδίδοντας και σε αυτή τη περίπτωση αυξημένο όγκο στο τελικό προϊόν (Lai and Lin, 2006).

### 5.3.3 Λίπη, έλαια και γαλακτωματοποιητές

Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά ενός μπισκότου είναι η υφή του. Ο βασικός παράγοντας είναι το συστατικό που αποτελεί το κύριο στοιχείο στη μήτρα που συνδέει τα διαφορετικά στοιχεία μεταξύ τους. Το άμυλο είναι το κύριο δομικό στοιχείο σε πολλά τρόφιμα. Ωστόσο, συχνά θεωρείται ως «αδρανές πληρωτικό» στα μπισκότα, με το λίπος ή τη ζάχαρη να παίζει τον δομικό ρόλο. Το λίπος παίζει μοναδικό ρόλο σε πολλά προϊόντα διατροφής. Στον τομέα των αρτοσκευασμάτων, τα μπισκότα ανήκουν σε μια ομάδα προϊόντων που περιέχουν σημαντική ποσότητα λίπους και συγκεκριμένα το είδος των λιπών που χρησιμοποιούνται αλλά και το ποσοστό που προστίθεται στο ζυμάρι έχουν ισχυρή επίδραση στην τελική ποιότητα των μπισκότων. Τα λίπη επιτελούν μια λειτουργία λίπανσης στο ζυμάρι (Mamat and Hill, 2014).

Ο όρος λίπος αναφέρεται στην ικανότητα των λιπών να λιπαίνουν, να αποδυναμώνουν, να συντομεύουν τη δομή των συστατικών του τροφίμου για να παρέχουν τρυφερότητα, βελτιωμένη αίσθηση στο στόμα, μεταφορά θερμότητας, την εκτεταμένη διάρκεια ζωής αλλά και τις τελικές επιθυμητές ιδιότητες υφής σε ένα τρόφιμο (Lazos E. & Lazou A., 2016a). Τα λίπη κρεμοποιούνται με την ταυτόχρονη χρήση ζαχάρεως έτσι ώστε να γίνει σωστή ενσωμάωση του αέρα και ταυτόχρονα λειτουργούν ως λιπαντικό κατά την ανάμειξη, εμποδίζοντας επίσης το σχηματισμό ενός δικτύου γλουτένης στο ζυμάρι (Wade 1988, Lazos E. & Lazou A., 2016).

Κατά την παραγωγή μπισκότων η θερμοκρασία των λιπών πριν τη χρήση τους οφείλει να βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου διευκολύνοντας τον χειρισμό του ζυμαριού αυξάνοντας με αυτό το τρόπο τη συγκέντρωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων αλλά και των trans-λιπαρών οξέων (Rios *et al.*, 2014). 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

Για να επιτύχουμε ένα προϊόν θερμιδικά χαμηλότερο, υγιεινότερο αλλά και να μειωθεί η χρήση του πιο ακριβού κύριου συστατικού είναι εφικτή η χρήση κατάλληλων γαλακτωματοποιητών, όπου μερικές φορές είναι δυνατό να μειωθεί η περιεκτικότητα σε λιπαρά μιας συνταγής κατά περίπου 20% (Lai and Lin, 2006). Η χρήση τέτοιων γαλακτοματοποιημένων λιπών όπως η λεκιθίνη ή το στεαροϋλακτυλικό νάτριο (SSL) βοηθά στην ομοιόμορφη διασπορά του λίπους στο σύστημα του ζυμαριού, στη μεγαλύτερη σταθερότητα κατά τη διάρκεια της ανάμιξης, στη μειωμένη εμφάνιση σπασιμάτων στο ζυμάρι, στη πρόληψη κατά της μετανάστευσης υγρασίας και τέλος στη βελτίωση της υφής των μπισκότων (Lai and Lin, 2006).

#### 5.3.4 Νερό

Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην παρασκευή μπισκότων, προστίθεται στο ζυμάρι για τα μπισκότα, ωστόσο δεν είναι από τα κύρια συστατικά που υπάρχουν στο τελικό προϊόν (Červenka, Brožková and Vytřasová, 2006). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το προστιθέμενο νερό, μαζί με αυτό που υπάρχει στο αλεύρι (περίπου 14% κατά βάρος υγρής βάσης), αφαιρείται σε μεγάλο βαθμό κατά τη διαδικασία του κλιβανισμού (Lai and Lin, 2006).

Το μη δεσμευμένο νερό εξατμίζεται ευκολότερα κατά τη διαδικασία του κλιβανισμού σε υψηλές θερμοκρασίες (έως και 230 °C). Το νερό που είναι δεσμευμένο σε ορισμένες

λειτουργικές ομάδες των μορίων των ουσιών που υπάρχουν στα προϊόντα αρτοποιίας μπορεί επίσης να απελευθερωθεί μερικώς σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες και αυτό βοηθά στο χρωματισμό της επιφάνειας των τελικών προϊόντων (Červenka, Brožková and Vytřasová, 2006). Συνεπώς το νερό διαθέτει ένα περίπλοκο ρόλο στις τυποποιήσεις των μπισκότων καθώς προσδιορίζει την διαμορφωτική κατάσταση των βιοπολυμερών, επιδρά στη φύση των αλληλεπιδράσεων των διαφόρων συστατικών και συμβάλλει στη δόμηση του ζυμαριού (Lazos E. & Lazou A., 2016a).

Αν και περιορισμένη, η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στη σύνθεση μπισκότων, καθώς και η μη διαθεσιμότητα του σε πρωτεΐνη και άμυλο, συμβάλλει εν μέρει στην τραγανότητα των μπισκότων, στην επαφή των συστατικών του ζυμαριού βοηθώντας τον σχηματισμό γλουτένης αλλά και της διεργασίες διόγκωσης. Επιπλέον βοηθάει στον έλεγχο της θερμοκρασίας του ζυμαριού, καταστά δυνατή την ενζυμική δραστηριότητα, βοηθάει στον αερισμό των μπισκότων και τέλος συμβάλλει στην διάλυση του άλατος, χημικών, υδατοδιαλυτών χρωμάτων ενώ διανέμει τα διαλυμένα υλικά σε αυτό ομοιόμορφα (Lai and Lin, 2006).

Ωστόσο το αρχικό επίπεδο υγρασίας στο αλεύρι επηρεάζει περισσότερο τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας των μπισκότων από το συνολικό νερό στο ζυμάρι. Μια διακύμανση ακόμη και 1% στην περιεκτικότητα σε νερό θα μπορούσε να αλλάξει σημαντικά τα διάφορα ρεολογικά χαρακτηριστικά του ζυμαριού των μπισκότων σύμφωνα με τους Manohar and Rao (2014). Συνοψίζοντας, το νερό προστίθεται κατά τη διάρκεια του σταδίου της δημιουργίας του ζυμαριού και απομακρύνεται κατά το στάδιο του ψησίματος ενώ οι λειτουργίες του εκτελούνται μεταξύ του χρόνου προσθήκης του και του χρόνου αφαίρεσής του.

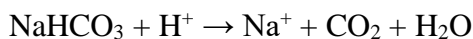
### 5.3.5 Διογκωτικοί Παράγοντες

Η διόγκωση του ζυμαριού είναι μία διαδικασία κατά την οποία το ζυμάρι γεμίζει με αέρια κατά την ανάμιξη και τον κλιβανισμό του ζυμαριού, η οποία όμως συγκρατείται και μετά το πέρας του κλιβανισμού. Η διόγκωση μπορεί να επιτευχθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους, μηχανικά όπου ο αέρας μέσω του χτυπήματος ενσωματώνεται στο λίπος κατά την διαδικασία της κρεμοποίησης, είτε βιολογικά χρησιμοποιώντας ζυμομύκητες (κράκερ) είτε χημικά. Τα μπισκότα συνήθως διογκώνονται χημικά, με τα γνωστότερα μέσα διογκώσεως να αποτελούν το όξινο ανθρακικό νάτριο ή κοινώς την σόδα αρτοποιίας, το ανθρακικό αμμώνιο καθώς δεν απαιτείται η προσθήκη οξέος για την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα και την σκόνη αρτοποιίας

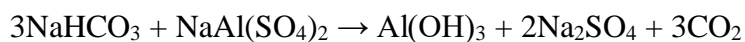
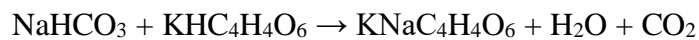
ή κοινώς baking powder, το οποίο περιλαμβάνει όξινο ανθρακικό νάτριο, ένα ασθενές οξύ και μερικά συμπληρωματικά συστατικά (Lazos E. & Lazou A., 2016).

Τα χημικά διογκωτικά αερίζουν το ζυμάρι, καθιστώντας την ελαφριά και πορώδη και δίνουν το σωστό πάχος και λεία υφή στο μπισκότο. Η χημική παραγωγή αερίων συμβαίνει όταν τα χημικά διογκωτικά διασπώνται παρουσία υγρασίας ή θερμότητας, δίνοντας αέρια. Διαφέρουν από τα άλλα μέσα αερισμού στο ότι σχεδόν κανένα αέριο δεν εκλύεται στο κρύο και υπό την επίδραση της θερμότητας αποσυντίθεται για να δώσει τρία αέρια: αμμωνία, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς (ατμός). Σε συμβατικές χημικές φόρμουλες, το όξινο συστατικό της φόρμουλας αντιδρά με όξινο ανθρακικό νάτριο ( $\text{NaHCO}_3$ ) παρουσία υγρασίας, έτσι η μαγειρική σόδα διασπάται γρήγορα και εύκολα σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Υπό την παρουσία οξέος, απαιτείται λιγότερη μαγειρική σόδα για την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα για διογκωτικό, οπότε υπάρχει λιγότερος αποχρωματισμός και λιγότερες χημικές δυσάρεστες γεύσεις (Lai and Lin, 2006, Lazos E. & Lazou A., 2016a).

Οι αντιδράσεις για το baking powder:



Οι αντιδράσεις για το ανθρακικό αμμώνιο:



### 5.3.6 Μικρο-συστατικά

Εκτός από τα βασικά συστατικά του μπισκότου προστίθενται και κάποια άλλα συστατικά σε μικρότερες ποσότητες, τα οποία δεν επηρεάζουν τις λειτουργικές ιδιότητες των υπολοίπων συστατικών. Μερικά μικρο-συστατικά είναι:

- Το αλάτι προσδίδει γεύση, τονίζει τη γεύση άλλων συστατικών, αφαιρεί την άνοστη αρχική φύση των μπισκότων και δρα ενισχυτικά στη γλουτένη, μειώνει το κολλώδες και ελέγχει τη ζύμωση (Lazos E. & Lazou A., 2016a).
- Τα γαλακτοκομικά συστατικά όπως το αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη (SMP), γλυκόζη/δεξτρώζη κ.λπ. Η παρουσία πρωτεϊνών και αμινοξέων από το γάλα σε σκόνη βοηθούν στις αντιδράσεις Maillard, δίνοντας έτσι χρώμα στα μπισκότα.
- Οι γεύσεις και τα χρώματα βοηθούν να προσδώσουν μια επιθυμητή γεύση και χρώμα στο τελικό προϊόν. Σε όλες τις πολλές μορφές της, η βανίλια ως άρωμα κατέχει εξέχουσα θέση στον κόσμο των μπισκότων. Η προσθήκη εκχυλίσματος βανίλιας έχει

συσχετιστεί με υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση και χαμηλότερη τιμή υπεροξειδίου στα μπισκότα (Anuradha *et al.*, 2010).

- Έτοιμο μείγμα αυγών: το αυγό δεν είναι ένα κοινό συστατικό του μπισκότου και η χρήση του περιορίζεται σε κάποιο είδος μπισκότων κυρίως λόγω της περιεκτικότητάς τους σε αλβουμίνη, η οποία είναι υπεύθυνη για τον αερισμό.
- Τα πρόσθετα όξινα συστατικά συχνά περιλαμβάνονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις σε σκευάσματα ζυμαριού μπισκότων για να τροποποιήσουν τις ιδιότητες του. Το μεταδιθειώδες νάτριο (SMS) περιλαμβάνεται συχνά στη σύνθεση συνταγής του ζυμαριού ημίγλυκου μπισκότων για να ελαχιστοποιηθεί η συστολή του ζυμαριού μετά τη φυλλοποίηση (Oliver, Thacker and Wheeler, 1995). Το SMS δρα ως πηγή διοξειδίου του θείου και αποδυναμώνει τις ελαστικές ιδιότητες της γλουτένης, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα συρρίκνωσης του ζυμαριού, σπάζοντας μερικές από τις δισουλφιδικές γέφυρες που υπάρχουν στις πρωτεΐνες γλουτένης (Oliver, Wheeler and Thacker, 1996). Εναλλακτικές λύσεις στα SMS είναι η υδροχλωρική L-κυστεΐνη και οι πρωτεΐνάσες, οι οποίες σε αντίθεση με το SMS δεν προκαλούν την καταστροφή των βιταμινών κατά το ψήσιμο (Lai and Lin, 2006).

#### 5.4 Ανάμιξη συστατικών και σχηματισμός ζυμαριού

Η διαδικασία και οι μέθοδοι ανάμιξης είναι ζωτικής σημασίας στην παραγωγή άρτου και επηρεάζουν σημαντικά την κατηγορία του τελικού προϊόντος. Πολλές μελέτες για αλεύρι σίτου έχουν εστιαστεί στις δομικές αλλαγές που συμβαίνουν στο πλέγμα της γλουτένης κατά τη διάρκεια της ανάμιξης, καθώς και στις χημικές αλλαγές που παρατηρούνται στη γλουτένη (Lazou, Anastasiadis and Provata, 2021).

Το πρώτο βήμα στην παρασκευή μπισκότων, και μάλιστα οποιοδήποτε εψημένου προϊόντος, είναι η ανάμιξη των υλικών που χρησιμοποιούνται στη συνταγή για να σχηματιστεί το ζυμάρι. Το ζυμάρι είναι το ενδιάμεσο στάδιο ανάμεσα στο αλεύρι και το προϊόν αρτοποιίας. Τα χαρακτηριστικά του ζυμαριού του μπισκότου όσο και οι ρεολογικές του ιδιότητες εξαρτώνται από την ποσότητα και την ποιότητα των συστατικών, ιδιαίτερα του αλεύρου, καθώς και από τις συνθήκες επεξεργασίας όπως ο χρόνος ανάμιξης, η περίοδος ανάπαυσης του ζυμαριού, η θερμοκρασία των συστατικών και οι συνθήκες περιστροφικής μορφοποίησης. Η ανάμιξη είναι μια από τις σημαντικές και κρίσιμες λειτουργίες της μονάδας που εμπλέκονται στην προετοιμασία των μπισκότων, καθώς επηρεάζει την ανάπτυξη της γλουτένης και ως εκ



τούτου τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού επηρεάζοντας τη μηχανική επεξεργασία του και την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Manohar and Rao, 1997, Singh *et al.*, 2012).

Το νερό ενυδατώνει συστατικά όπως το αλεύρι και, εάν οι συνθήκες είναι κατάλληλες κατά την ανάμιξη, ενυδατώνεται και η πρωτεΐνη του σιταριού μετατρέπεται σε ένα ιξωδοελαστικό υλικό γνωστό ως γλουτένη. Ο σχηματισμός γλουτένης κατά την ανάμιξη είναι πολύ σημαντικός καθώς καθορίζει τη φύση του ζυμαριού στις διαδικασίες σχηματισμού και τελικά τη δομή στο ψημένο μπισκότο. Οι βασικές μέθοδοι ανάμιξης στην βιομηχανία των μπισκότων είναι η μέθοδος της κρεμοποίησης (creaming) και η μέθοδος ολα-σε-ένα (all-in-one). Η μέθοδος της κρεμοποίησης χωρίζεται σε κρεμοποίηση δύο σταδίων και τριών σταδίων. Κατά τη πρώτη μέθοδο γίνεται διάλυση στο νερό του σακχάρου, του γάλακτος, και των χημικών, γευστικών και οσμηρών ενώσεων εάν η τυποποίηση διαθέτει, στο δοχείο ανάμιξης σε αντίθεση με την δεύτερη μέθοδο κατά την οποία η ανάμιξη ξεκινά με προσθήκη λίπους, ζάχαρης, γαλακτοματοποιητών και μέρους του νερού. Εν συνεχεία, στο υπολοιπό νερό γίνεται η διάλυση του άλατος και των λοιπών συστατικών (Teresa Molina, Vaz and Bouchon, 2021). Η μέθοδος all-in-one είναι απλούστερη και γρηγορότερη καθώς όλα τα υλικά τοποθετούνται μαζί σε ένα στάδιο. Τα μπισκότα που παράγονται με τη μέθοδο all-in-one θεωρούνται κατώτερα από αυτά που παράγονται από τη μέθοδο δύο σταδίων (Manohar and Rao, 1999).

#### 5.4.1 Μορφοποίηση

Οι μέθοδοι σχηματισμού των επιμέρους μονάδων, δηλαδή της μορφοποίησης του ζυμαριού, ποικίλλουν και χωρίζονται στην φυλλοποίηση, στο καλούπωμα όπου γίνεται χρήση περιστροφικών καλουπιών, στην εξώθηση συμπεριλαμβανομένης και της συνεξώθησης και τέλος στην κοπή του ζυμαριού με μηχανές που χρησιμοποιούν σύρμα. Κατά την χρήση των παραπάνω μεθόδων, οι μηχανές που διεκπεραιώνουν τις αντίστοιχες ενέργειες δεν σχηματίζουν υπόλοιμμα ζυμαριού όπου οφείλει σε άλλη περίπτωση να ανακυκλωθεί. Μόνο η χρήση περιστροφικών καλουπιών μας επιτρέπει την διαχείριση εύθρυπτου και χαμηλού σε υγρασία ζυμαριού σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μεθόδους όπου απαιτείται χρήση μαλακού ζυμαριού (Manley, Pareyt and Delcour, 2011).

#### 5.4.2 Κλιβανισμός

Ο κλιβανισμός είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που περιλαμβάνει ταυτόχρονη μεταφορά θερμότητας και μάζας εντός του φούρνου. Ο κλιβανισμός έχει ως αποτέλεσμα την διόγκωση του ζυμαριού αλλά επιφέρει και ταυτόχρονες μεταβολές σε φυσικό, χημικό και βιοχημικό επίπεδο στη μήτρα των δημητριακών, όπως την διόγκωση της, την εξάτμιση νερού και τον

σηματισμό της πορώδους δομής, την μετουσίωση των πρωτεϊνών, την ζελατινοποίηση του αμύλου και τον σχηματισμό της κόρας (κρούστας). Η ανάπτυξη επιθυμητής γεύσης, τα ευχάριστα αρώματα, η παραγωγή μελανοϊδινών και το καφέ χρώμα της κρούστας του τελικού προϊόντος πραγματοποιούνται στο τελικό στάδιο του κλιβανισμού και οφείλεται στις αντιδράσεις Maillard με ταυτόχρονη απώλεια νερού. Δεδομένου ότι η ακτινοβολία είναι ο κύριος τρόπος μεταφοράς θερμότητας, ο ρόλος των υδρατμών στις ανταλλαγές ακτινοβολίας είναι επίσης σημαντικός και δεν πρέπει να θεωρείται ότι είναι αμελητέος (Lazos E. & Lazou A., 2016a, Lazou, Anastasiadis and Provata, 2021).

#### 5.4.3 Παράγοντες εξάπλωσης του ζυμαριού κατά τον κλιβανισμό

Η τελική διάμετρος του μπισκότου δεν είναι απλώς αποτέλεσμα συνεχούς απλώματος του ζυμαριού στο φούρνο. Ήδη στην αρχή του ψησίματος, όταν ζεσταθεί το ζυμάρι, το στερεό λίπος λιώνει και η υπόλοιπη κρυσταλλική σακχαρόζη διαλύεται προοδευτικά. Αυτό αυξάνει την κινητικότητα του και τον όγκο της ζάχαρης με τη διάλυση κάθε γραμμαρίου σακχαρόζης ανά γραμμάριο νερού. Ως αποτέλεσμα, και λόγω της βαρύτητας, το ζυμάρι αρχίζει να απλώνεται. Ωστόσο, μετά από χρονικό διάστημα, στον λεγόμενο καθορισμένο χρόνο (set-time), το ιξώδες του ζυμαριού αυξάνεται και γίνεται πολύ υψηλό με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η σταθεροποίηση της διαμέτρου. Η τελική διάμετρος του μπισκότου, επομένως, εξαρτάται τόσο από τον ρυθμό απλώματος, ο οποίος εξαρτάται από το ιξώδες του ζυμαριού των μπισκότων, όσο και από τον καθορισμένο χρόνο (set-time). Ο υψηλότερος ρυθμός διασποράς και ο καθορισμένος χρόνος έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάμετρο στα μπισκότα. Ταυτόχρονα, λόγω της θέρμανσης του αέρα και της εξάτμισης του νερού που υπάρχει στο ζυμάρι και της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα καθώς αποσυντίθενται οι διογκωτικοί παράγοντες, το ύψος του μπισκότου αυξάνεται. Αυτό συνεχίζεται ακόμα και όταν η διάμετρος του ζυμαριού των μπισκότων έχει φτάσει στο μέγιστο και, τυπικά, προς το τέλος του ψησίματος, παρατηρείται μακροσκοπική κατάρρευση. Ο βαθμός στον οποίο συμβαίνουν αυτά τα φαινόμενα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα (επίπεδα) συστατικών και τις συνθήκες επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται. Συγκεκριμένα η χλωρίωση του αλεύρου μειώνει την εξάπλωση του ζυμαριού. Αυξάνει επίσης την απορρόφηση του νερού και μειώνει πολύ το pH του αλεύρου και του ζυμαριού. Η χλωρίωση του αλεύρου δεν επιτρέπεται σε πολλές χώρες, αλλά η τεχνική της θερμικής επεξεργασίας του αλεύρου ή του κόκκου πριν από το άλεσμα, έχει παρόμοιο αποτέλεσμα αλλά δεν επηρεάζει το pH. Το δεύτερο πιο σημαντικό συστατικό στη συνταγή του ζυμαριού των μπισκότων είναι η ζάχαρη όπου μπορεί να επηρεάσει το άπλωμα των μπισκότων. Διακύμανση από μείγμα σε μείγμα μπορεί να συμβεί λόγω του μεγέθους των

σωματιδίων της ζάχαρης. Αυτή είναι ίσως η πρώτη αιτία διαφοροποίησης στις ζύμες καθώς η δεύτερη είναι ο ανεπαρκής έλεγχος της θερμοκρασίας του ζυμαριού. Το μικρότερο μέγεθος σωματιδίων ζάχαρης οδηγεί σε πιο γρήγορη διάλυση και, ως εκ τούτου, σε περισσότερο άπλωμα του ζυμαριού με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάμετρο μπισκότου. Τα υψηλότερα επίπεδα νερού γενικά μειώνουν το ιξώδες του ζυμαριού, οδηγώντας σε υψηλότερο ρυθμό απλώματος. Τέλος άλλοι παράγοντες μπορεί επίσης να επηρεάσουν το άπλωμα του ζυμαριού με τα πιο σημαντικά να είναι η προετοιμασία του ζυμαριού και οι συνθήκες φούρνου (Manley, Pareyt and Delcour, 2011).

#### 5.4.4 Ψύξη

Η συνήθης μέθοδος βιομηχανικής ψύξης ξεκινά με την έξοδο των μπισκότων από τον φούρνο, μεταφέροντας από την ταινία του φούρνου και μεταφέρονται μέσω του εργοστασίου για να κρυώσουν φυσικά στον αέρα του περιβάλλοντος. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται εξαναγκασμένη ψύξη αέρα στις σήραγγες ψύξης για να επιτευχθεί μεγαλύτερος έλεγχος της θερμοκρασίας του μπισκότου στο τέλος της διαδικασίας ψύξης. Κατά την έξοδο των μπισκότων από το φούρνο είναι απαραίτητο να μειωθεί η θερμοκρασία τους έτσι ώστε να μπορούν τα μπισκότα να ξεκολλήσουν από την εκάστοτε επιφάνεια στην οποία έγινε ο κλιβανισμός. Τα μπισκότα κατά την αρχή της ψύξεως τους έχουν μαλακή και εύκαμπτη υφή, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο του πάχους τους. Λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας των μπισκότων υπάρχει περίπτωση να παραμορφωθούν στις άκρες τους, να σπάσουν ή και να δημιουργηθούν ρωγμές στο κέντρο του προϊόντος. Οι παραμορφώσεις στην εμφάνιση των μπισκότων επέρχεται κατά την διάρκεια της ψύξης (Manley, Pareyt and Delcour, 2011, Marion *et al.*, 2019, Caro-Corrales *et al.*, 2002).

#### 5.4.5 Συσκευασία

Τελευταία διαδικασία μετά το πέρας της ψύξεως ακολουθεί η συσκευασία. Λόγω των διαφορετικών μεγεθών στην βιομηχανία χρησιμοποιούνται ειδικοί οδηγοί όπου κατευθύνουν τα μπισκότα και τακτοποιούνται. Οι μηχανές περιτύλιξης οριζόντιας ροής χρησιμοποιούνται συνήθως για συσκευασία με εύκαμπτη συσκευασία. Ο λόγος ύπαρξης της συγκεκριμένης διαδικασίας αφορά τόσο τις μετέπειτα πωλήσεις όσο και την προστασία τους έτσι ώστε να διατηρηθούν τραγανά, γευστικά και οπτικά αποδεκτά. Συνεπώς το υλικό συσκευασίας οφείλει να δημιουργεί εμπόδιο έναντι της υγρασίας καθώς η χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία των μπισκότων διασφαλίζει ότι είναι γενικά απαλλαγμένα από μικροβιολογική αλλοίωση και αυτό προσδίδει μεγάλη διάρκεια ζωής στα προϊόντα, να αντιστέκεται στις μηχανικές βλάβες και να επιβραδύνει τις χημικές μεταβολές. Κατά συνέπεια, τα υλικά πρωτογενούς συσκευασίας για τα

περισσότερα μπισκότα κυμαίνονται από προσανατολισμένο πολυπροπυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυστρωματικό μεταλλοποιημένο πολυεστέρα και επικαλυμμένο σελοφάν. Επιπλέον, για τη συσκευασία μπισκότων χρησιμοποιείται μια ποικιλία εύκαμπτων υλικών συσκευασίας, τα οποία πλεονεκτούν στην λειτουργικότητα, στο χαμηλότερο κόστος, στη δυνατότητα εκτύπωσης, στο μικρό βάρος αλλά και στην εξοικονόμηση φορτίου (Lazos E. & Lazou A., 2016a, Singh *et al.*, 2012).

## 6 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 6.1 Σκοπός

Η εκπόνηση των πειραμάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Τα χρόνια της καραντίνας οδήγησαν τους ανθρώπους σε κατάσταση εγκλεισμού, με την ταυτόχρονη έντονη αίσθηση των περιορισμών καθώς και ψυχοσωματικών συμπτωμάτων όπως αϋπνία, άγχος, συναισθήματα μοναξιάς και κατάθλιψη. Σε αυτό το πλαίσιο, η καραντίνα περιγράφηκε ως μια δυσάρεστη εμπειρία για τον πληθυσμό, παρά τα οφέλη για τη δημόσια υγεία. Συνεπώς η ραγδαία αύξηση των ανθρώπων με ψυχολογικές ή ψυχοσωματικές διαταραχές οδήγησε στην ανάγκη για ανάπτυξη καινοτόμων αρτοσκευασμάτων με προσθήκη φυτικών αλεύρων και συγκεκριμένα με το φυτό Υπερικό (Saint John's wort) συμβάλλοντας στην μείωση του άγχους. Το αρτοσκεύασμα που επιλέχθηκε προς μελέτη ήταν τα μπισκότα. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προσθήκη και η μελέτη της επίδρασης του αλέσματος του σπαθόχορτου (Υπερικού) σε μπισκότα. Αρχικά πραγματοποιήθηκε συλλογή της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα οποία βασίστηκαν κυρίως στην παραγωγή μπισκότων με προσθήκη διαφορετικών φυτικών αλεύρων προσδιορίστηκαν οι βασικοί πυλώνες της έρευνας. Ειδικότερα με αρχικά 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 μπισκότων με 0%, 1%, 3% και 5% προσθήκης αλέσματος σπαθόχορτου (υπερικού). Τέλος ελέγχθηκε η επίδραση του προστιθέμενου αλεύρου υπερικού στα φυσικοχημικά, γεωμετρικά, δομικά, μηχανικά, και χρωματικά χαρακτηριστικά του φρέσκου αρτοσκευάσματος.

### 6.2 Υλικά

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα ήταν οι εξής:

- Άλευρο μαλακού σίτου από τους μύλους «Μάρρα» (Κόρινθος)
- Αποξηραμένα άνθη φυτού σπαθόχορτου

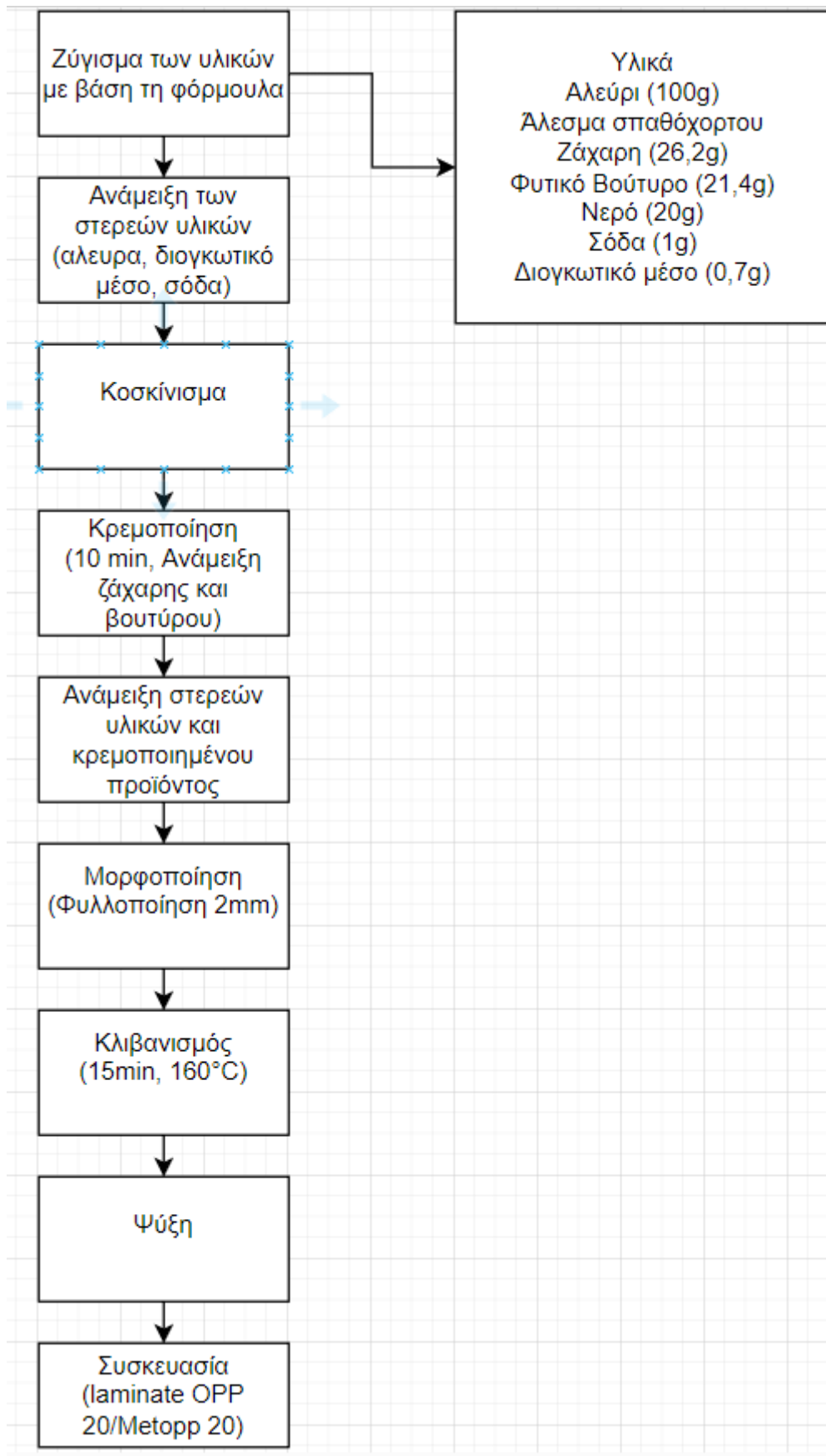
- Κρυσταλλική ζάχαρη εμπορικής προέλευσης (ΑΒ Αττική, Ελλάδα)
- Φυτικό βούτυρο «Βιτάμ» (shortening)

### 6.3 Πειραματική διαδικασία

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά τη ζύγιση των πρώτων υλών στις ποσότητες που αναγράφονται στον Πίνακα 7.1. Η παραγωγή έγινε με την χρήση της μεθόδου της κρεμοποίησης τριών σταδίων. Αρχικά προστίθονται στον αναμκτήρα το τετηγμένο λίπος, η ζάχαρη και μέρος του νερού για 10 min ώστε ληφθεί μία λεία κρέμα. Εν συνεχεία προστίθονται τα υπόλοιπα υλικά, το αλεύρο σίτου, το υπόλοιπο νερό, το άλεσμα του σπαθόχορτου και οιχημικές ενώσεις και αναδεύονται μέχρι να υπάρξει ομογενοποίηση στο ζύμαρι. Μετά το πέρας της ανάμιξης το ζύμαρι τοποθετείται σε πάγκο για την διαδικασία της μορφοποίησης. Η φυλλοποίηση του ζυμαριού έγινε με πλάστη χειρός μέχρι το πάχος του ζυμαριού να επέλθει στα 2 mm. Το στάδιο της μορφοποίησης τελειώνει με την χρήση κουπ πατ (coupe pâtisserie) με διάμετρο 5 εκατοστών. Ακολουθεί ο κλιβανισμός σε θερμοκρασία 160°C, διάρκειας 15 min. Μετά το πέρας του κλιβανισμού τα μπισκότα αφήνονται για περίπου 20 min σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ώστε να ψυχθούν. Τέλος τα μπισκότα τοποθετούνται σε συσκευασίες laminate OPP 20/Metopp 20 με τη χρήση θερμοσυγκόλλησης. Στο Σχήμα 7.1 φαίνεται το διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας.

**Πίνακας 7.1** Βασική συνταγή παρασκευής μπισκότων βασισμένη στο βάρος του αλεύρου.

Συστατικά	Ποσοστό (%) επί του βάρους του αλεύρου
Ζάχαρη	26,2
Φυτικό Βούτυρο	21,4
Νερό	20
Σόδα	1
Διογκωτικό μέσο (baking powder)	0,7



Σχήμα 7.1 Διάγραμμα ροής της πειραματικής διαδικασίας παραγωγής μπισκότων

#### 6.4 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων

Η μέτρηση της υγρασίας του τελικού προϊόντος πραγματοποιήθηκε με την χρήση φούρνου αέρα ξήρανσης σύμφωνα με την επίσημη μέθοδο AACC 2000. Ζυγίστηκαν τρία τριβλία με 2 γραμμάρια προϊόντος το καθένα και ακρίβεια  $\pm 0,001$  g και τοποθετήθηκαν στον εργαστηριακό φούρνο για ξήρανση στους  $110^{\circ}\text{C}$  για 24 h. Τα δείγματα απομακρύνονται από το φούρνο σε ξηραντήρα με silica gel για να αποτραπεί η μετανάστευση υγρασίας από το περιβάλλον. Όταν ψυχθούν ζυγίζονται σε αναλυτικό ζυγό ακριβείας έτσι ώστε να υπολογιστεί η απώλεια βάρους τους και έμμεσα και η περιεχόμενη υγρασία τους (AOAC, 2000).

#### 6.5 Προσδιορισμός της ενεργότητας ύδατος

Η ενεργότητα ύδατος ( $a_w$ ) των μπισκότων 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 τριών μετρήσεων.

#### 6.6 Προσδιορισμός Συντελεστή εξάπλωσης (Spread factor)

Μετά το πέρας του ψησίματος τα μπισκότα αφήνονται να ψυχθούν για 20min. Τοποθετήθηκαν έξι μπισκότα το ένα πάνω στο άλλο και μετρήθηκε το συνολικό ύψος ενώ μετρήθηκε και το συνολικό μήκος τοποθετώντας τα έξι μπισκότα σε οριζόντια θέση. Το συνολικό μήκος και ύψος διαιρέθηκε με τον αριθμό των μπισκότων. Το αποτέλεσμα της διαίρεσης του μέσου μήκους και ύψους δίνει το spread factor (Seevaratnam, 2012).

$$SF = \frac{\text{Width}}{\text{Thickness}} \quad (7.1)$$

#### 6.7 Προσδιορισμός του χρώματος των αρτοσκευασμάτων

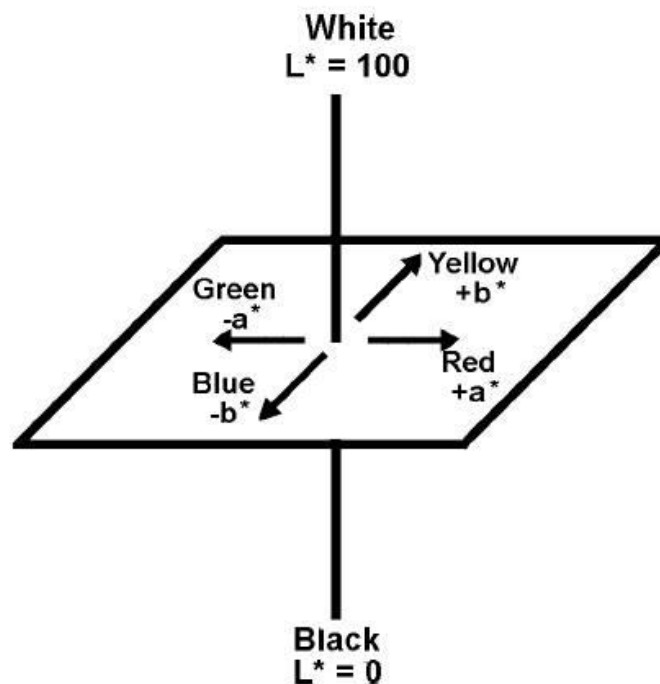
Τα χαρακτηριστικά του φωτός με τα οποία καθορίζεται είναι η χροιά, ο κορεσμός και η φωτεινότητα. Η χροιά ή αλλιώς η απόχρωση είναι χαρακτηριστικό που αντιπροσωπεύει το κυρίαρχο χρώμα, ο κορεσμός αφορά το ποσό ανάμιξης του λευκού φωτός ή αλλιώς την καθαρότητα του και τέλος η φωτεινότητα αποτελεί ένα υποκειμενικό όρο και αναφέρεται στην χρωματική ένταση. Ο καθορισμός της χρωματικής κλίμακας προκύπτει από την ανάμιξη τριών χρωμάτων, το ερυθρό, το πράσινο και το κυανό. Το χρώμα των δειγμάτων μετρείται με τη βοήθεια του χρωματομέτρου (HunterLab, Miniscan XE Plus) το οποίο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  βάσει του συστήματος CIELAB. Σύμφωνα με το σύστημα CIELAB στον κάθετο άξονα όπου βρίσκεται το  $L$ , εκφράζεται η φωτεινότητα με  $L=100$  να συμβολίζεται το λευκό και για  $L=0$  το μαύρο. Στον οριζόντιο άξονα και για θετικές τιμές του  $a^*$  εκφράζεται το κόκκινο χρώμα, ενώ για αρνητικές τιμές του το πράσινο χρώμα. Στον οριζόντιο άξονα και για θετικές τιμές του  $b^*$  εκφράζεται το κίτρινο χρώμα, ενώ για αρνητικές



τιμές του το μπλε χρώμα (7.2) (Diprat *et al.*, 2020). Η μέτρηση του χρώματος πραγματοποιείται σε δύο ίδια δείγματα με τριπλή μέτρηση για το κάθε δείγμα. Για τιμές της διαφοράς χρώματος μικρότερες της μονάδος ( $\Delta E < 1$ ), το ανθρώπινο μάτι δεν είναι ικανό να τις αντιληφθεί. Για τιμές  $1 < \Delta E < 3$ , οι διαφορές δεν διακρίνονται εύκολα από το ανθρώπινο μάτι ενώ για τιμές μεγαλύτερες του τρία ( $\Delta E > 3$ ), οι χρωματικές διαφορές είναι διακριτές για το ανθρώπινο μάτι (Pojić *et al.*, 2015). Η διαφοράς του χρώματος προκύπτει με βάση την παρακάτω σχέση:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (7.2)$$

όπου  $L_0$  ο μέσος όρος των τιμών της φωτεινότητας του μάρτυρα,  $a_0$  ο μέσος όρος των τιμών της πράσινης απόχρωσης ή της ερυθρότητας του μάρτυρα και ως  $b_0$  ο μέσος όρος των τιμών της κίτρινης ή μπλε απόχρωσης του μάρτυρα, όπου ο μάρτυρας ορίστηκε ως το προϊόν με 0% προσθήκη σπαθόχορτου.



Σχήμα 7.2 Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELAB  
Πηγή: <https://sites.google.com/site/sachidanandabs/colorspace>

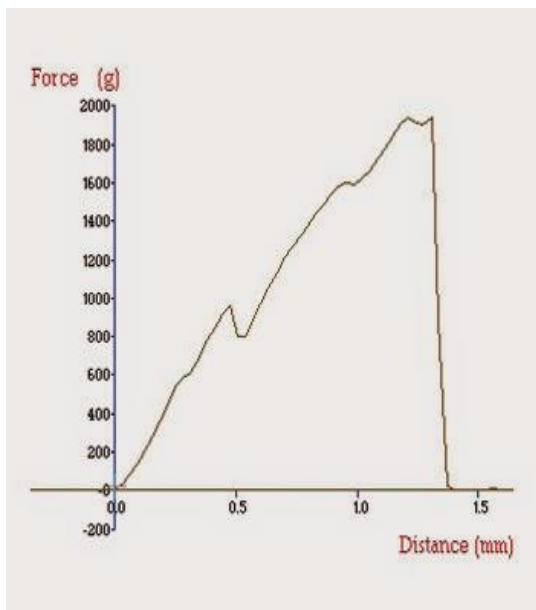
#### 6.8 Προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων των αρτοσκευασμάτων

Η εκτίμηση των χαρακτηριστικών της υφής των μπισκότων γίνεται με χρήση των μηχανικών ιδιοτήτων και ιδιοτήτων θράυσης. Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών υφής των μπισκότων γίνεται χρήση τεσσάρων παρόμοιων δειγμάτων. Στα δείγματα πραγματοποιείται

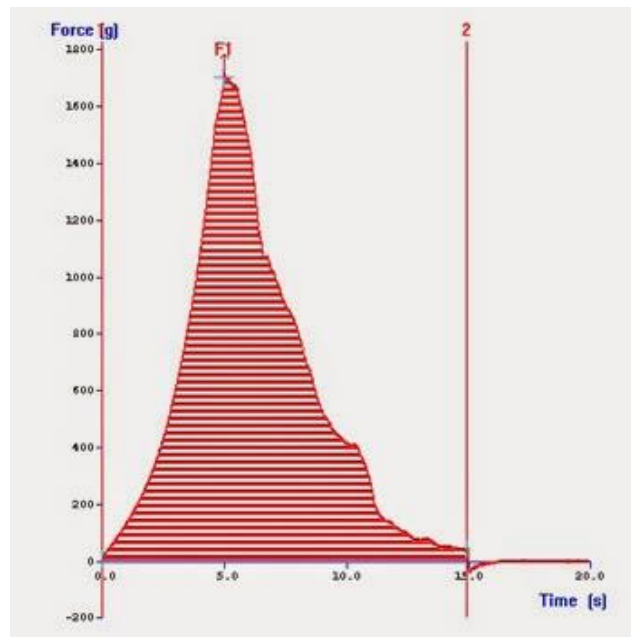
απλή συμπίεση με χρήση αναλυτή υφής (TA.XT2i; Stable Micro Systems) και με την βοήθεια της κεφαλής HDP/3PB (Small Three Point Bend Rig), υπό τις συνθήκες: ταχύτητα συμπίεσης 1 mm/s, βάθος διείδυσης 50% προσομοιάζοντας τη διαδικασία της θραύσης ή κάμψης. Το πλάτος και το πάχος των μπισκότων μετρήθηκαν με παχύμετρο. Το διάγραμμα δύναμης-χρόνου (Σχήμα 7.3 & 7.4), χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της σκληρότητας (μέγιστη δύναμη κατά την θραύση) και της ευθραυστότητας. (Agrahar-Murugkar *et al.*, 2015, Anastasiadis and Provata, 2021, Stablemicrosystems, 2013).



Εικόνα 7.1 TA.XT2i; Stable Micro Systems



Σχήμα 7.4 Διάγραμμα δοκιμής ανάλυσης αναπαράστασης υφής δύναμης-απόστασης αναλυτή υφής (HDP/3PB)



Σχήμα 7.5 Διάγραμμα δοκιμής ανάλυσης αναπαράστασης υφής δύναμης-χρόνου αναλυτή υφής (HDP/3PB)

## 6.9 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης

Ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε για την εκχύλιση των φαινολικών ενώσεων ήταν η μεθανόλη, καθώς έχει αποδειχθεί πως είναι ο βέλτιστος διαλύτης για την εξαγωγή φαινολικών ενώσεων. Αρχικά τα δείγματα εκχυλίστηκαν για 3 ώρες με n-εξάνιο σε αναλογία 1:5 σε δονούμενη πλάκα (Orbital Shaker SO1, Stuart Scientific, UK) για απομάκρυνση του λίπους. Εν συνεχεία το δείγμα εκχυλίστηκε με μεθανόλη με αντίστοιχη αναλογία και ξανά τοποθετείται στην δονούμενη πλάκα στους 40°C για 24h. Για την παραλαβή του αποστάγματος διηθήθηκε το δείγμα και συμπυκνώθηκε με τη χρήση περιστροφικού αποστακτήρα μέχρι ξηρού. Τέλος το συμπυκνωμένο δείγμα παραλαμβάνεται ποσοτικά με μεθανόλη σε ογκομετρική φιάλη των 10 ml και συμπληρώνεται με τον διαλύτη ως την χαραγή (Bisharat *et al.*, 2015).

Σε πλαστικές κυψελίδες των 4,0 mL, τοποθετείται με μικροσύριγγα των 100μL οι προκαθορισμένες ποσότητες προτύπου ή αραιωμένου δείγματος, 2500,0 μL απεσταγμένο H<sub>2</sub>O και 200,0 μL αντιδραστηρίου 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 μετρίεται η απορρόφηση στα 750 nm (A<sub>750 nm</sub>) 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 σύγκριση των αποτελεσμάτων έγινε κάνοντας χρήση βαθμονομημένης καμπύλης γαλλικού οξέος, χρησιμοποιώντας το ως πρότυπο. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως mg γαλλικού οξέος ανά 100 g (Carciochi, Galván D’Alessandro and Manrique, 2016, Cicco *et al.*, 2009).

Το αντιδραστήριο DPPH (1,1 diphenyl dipicryl hydrazin) σύμφωνα με την μέθοδο των (Lafka *et al.*, 2011) χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών εκχυλισμάτων. 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. Παράλληλα, διαθέτοντας το ρόλο του τυφλού μετρήθηκε η απορρόφηση του μάρτυρα (0,2 mL μεθανόλη + 3,8 mL διαλύματος DPPH) με μεθανόλη. Το φασματοφωτόμετρο μονής δέσμης ορατού-υπεριώδους U.V.-VIS (UVmini 1240, Shimadzu, Ltd., Hong Kong) χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.

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

$$AA \% = \frac{\Delta A}{A_0} * 100 \quad (7.3)$$

όπου A<sub>0</sub> η απορρόφηση του μάρτυρα σε χρόνο t=0 min και ΔA = A<sub>0</sub>-A<sub>τελ</sub>, όπου A<sub>τελ</sub> η τελική απορρόφηση του δείγματος, μετρώντας τα δείγματα στα 515 nm.



Εικόνα 7.2 Εκχύλισμα σπαθόχορτου

#### 6.10 Ανάλυση εικόνας αρτοσκευασμάτων

Για την επίτευξη της συγκεκριμένης ανάλυσης, λήφθηκαν φωτογραφίες από συνολικά 6 ομοιόμορφα μπισκότα της ίδιας τυποποίησης κάθε φορά. Η φωτογραφική μηχανή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Canon EOS 4000D digital και ταυτόχρονα χρησιμοποιήθηκε κατάλληλος φωτισμός που βρίσκονταν εκατέρωθεν της φωτογραφικής μηχανής αλλά και φωτιστική πλάκα (Kaiser slimlite plano). Η χρήση τους επέφερε το βέλτιστο τελικό φωτογραφικό υλικό καθώς υπήρχε μείωση των σκιών. Εν συνεχεία, Οι εικόνες υποβλήθηκαν σε επεξεργασία χρησιμοποιώντας το λογισμικό ImagePro-Plus v7.0.1.658, προκειμένου να υπολογιστούν οι γεωμετρικές και μορφολογικές ιδιότητες των μπισκότων. Ακολουθώντας τις ρυθμιζόμενες μακροεντολές του προγράμματος μετρήθηκαν όλες οι απαραίτητες μετρήσεις των δειγμάτων. Για κάθε μπισκότο υπολογίστηκε η διάμετρος (mm), η ακτίνα (mm), η αναλογία απεικόνισης (aspect ratio), την περίμετρο (mm), η επιφάνεια (mm<sup>2</sup>), “margination” (περιθωριοποίηση, δηλαδή η σχετική κατανομή της έντασης του αντικειμένου μεταξύ του κέντρου και του περιθωρίου – η τιμή 0,33 υποδηλώνει ομοιογενές αντικείμενο), η στρογγυλότητα (είναι το μέτρο σύγκρισης της διαφορετικότητας του πόρου από τον κύκλο) και η ετερογένεια. Η ετερογένεια είναι μια παράμετρος επιφάνειας υφής που ορίζεται ως το κλάσμα των pixel των οποίων η τιμή έντασης αποκλίνει περισσότερο από 10% σε σύγκριση με τη μέση ένταση ολόκληρης της εικόνας. Η ετερογένεια κυμαίνεται από 0 έως 1 για ομοιογενείς (λείες) και ετερογενείς (τραχείες) επιφάνειες, αντίστοιχα (Wang, Zhou and Isabelle, 2007, Moriano, Cappa and Alamprese, 2018).

#### 6.11 Στατιστική επεξεργασία

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

## 7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά τη διαδικασία του ψησίματος παρατηρούνται πολλές αλλαγές στο ζυμάρι του μπισκότου. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι οι αλλαγές στη διάσταση, η απώλεια υγρασίας και η ανάπτυξη χρώματος και γεύσης. Οι διαστάσεις του τελικού προϊόντος είναι σημαντικές για τον ποιοτικό έλεγχο των αρτοσκευασμάτων. Παραμέτροι, όπως η θερμοκρασία και ο χρόνος επηρεάζουν άμεσα την συνολική ποιότητα των μπισκότων (Mamat, Abu Hardan and Hill, 2010, Saric *et al.*, 2014).

### 7.1 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. Τα μπισκότα είναι προϊόντα πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία. Η πλειονότητα της υγρασίας βρίσκεται σε μία λεπτή μεμβράνη υλικού κοντά στο κέντρο, ενώ η επιφάνεια και η εξωτερική περιφέρεια του προϊόντος είναι σχεδόν άνυδρα. Η τυπική αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία του ζυμαριού του μπισκότου κυμαίνεται από περίπου 11-30%, που περιλαμβάνει τόσο νερό που προστίθεται στο στάδιο ανάμειξης του ζυμαριού όσο και νερό που υπάρχει φυσικά στα συστατικά. Η θερμική επεξεργασία μειώνει την τελική περιεκτικότητα σε υγρασία στο 1-5% στο τελικό προϊόν (Mamat, Abu Hardan and Hill, 2010). Η υγρασία του τελικού προϊόντος κυμάνθηκε από 3,29-4,54% και παρατηρείται αύξηση της με την σταδιακή αύξηση του αλέσματος υπερικού, όπως παρατηρήθηκε και στην έρευνα των Tyagi *et al.*, (2007). Η μικροβιακή αλλοίωση ενός τροφίμου σχετίζεται άμεσα από την ενεργότητα ύδατος. Στον Πίνακα 8.1 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά με την σταδιακή αύξηση του αλέσματος υπερικού.

**Πίνακας 7.1** Φυσικοχημικές ιδιότητες του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλέσματος υπερικού

Άλεσμα υπερικού (%)	Υγρασία (%)	Ενεργότητα ύδατος
0	3,29±0,06 <sup>a</sup>	0,14±0 <sup>a</sup>
1	2,78±0,12 <sup>b</sup>	0,20±0 <sup>b</sup>
3	3,30±0,08 <sup>a</sup>	0,22±0,01 <sup>c</sup>
5	4,54±0,12 <sup>c</sup>	0,28±0 <sup>d</sup>

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

### 7.2 Αποτελέσματα χρώματος

Το χρώμα φαίνεται να είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την αρχική αποδοχή των προϊόντων αρτοποιίας από τους καταναλωτές. Επιπλέον, καθώς η ανάπτυξη του χρώματος

συμβαίνει σε μεγάλο βαθμό κατά τα τελευταία στάδια του ψησίματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρίνει την ολοκλήρωση της διαδικασίας ψησίματος. Οι τιμές των παραμέτρων του χρώματος των δειγμάτων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.2. Η παράμετρος  $L^*$  (φωτεινότητα) μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση του προστιθέμενου αλέσματος υπερικού. 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). Επιπλέον υπάρχει στατιστικά σημαντική αύξηση της τιμής  $a^*$  με την σταδιακή αύξηση του αλέσματος υπερικού. Η παράμετρος  $b^*$  (κίτρινο) βρέθηκε αντίστοιχα θετική για όλα τα δείγματα υποδηλώνοντας υπεροχή του κίτρινου χρώματος έναντι του μπλε (Korus *et al.*, 2017) ενώ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά με την σταδιακή προσθήκη αλέσματος υπερικού. Η διαφορά χρώματος μεταξύ του δείγματος με 0% προσθήκης αλέσματος υπερικού και δείγματος με 5% προσθήκης έγινε αντιληπτή με γυμνό μάτι. Παρεμφερή αποτελέσματα παρατηρήθηκαν με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tyagi *et al.* (2007) στην οποία πρόσθεσαν αλεύρι σιναπιού σε ποσότητες 5%, 10%, 15% και 20% για την παρασκευή μπισκότων. Σύμφωνα με τις έρευνες των Tyagi *et al.* (2007) και Anastasiadis and Provata (2021) αύξηση των προστιθέμενων άλευρων σε τυποποιήσεις αρτοσκευασμάτων επέφερε μείωση της παραμέτρου  $L^*$  και  $b^*$  και αύξηση της παραμέτρου  $a^*$ .

**Πίνακας 7.2** Επίδραση της προσθήκης αλέσματος υπερικού στο χρώμα του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλέσματος υπερικού

Άλεσμα υπερικού (%)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
0	70,5±0,53 <sup>a</sup>	5,62±0,11 <sup>a</sup>	34,19±0,73 <sup>a</sup>	-
1	61,03±0,21 <sup>b</sup>	6,08±0,03 <sup>b</sup>	28,97±0,9 <sup>b</sup>	11,47±0,4 <sup>a</sup>
3	51,31±1,07 <sup>c</sup>	7,05±1,02 <sup>c</sup>	26,34±1,02 <sup>c</sup>	21,42±1,05 <sup>b</sup>
5	49,76±0,77 <sup>d</sup>	8,35±0,9 <sup>d</sup>	23,68±0,5 <sup>d</sup>	24,14±0,52 <sup>c</sup>

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

### 7.3 Αποτελέσματα ιδιοτήτων υφής

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες αποδοχής των αρτοσκευασμάτων και ιδιαίτερως των μπισκότων είναι η υφή τους. Σε γενικές γραμμές, ο κύριος στόχος αυτών των μεθόδων είναι η μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς ενός προϊόντος που υπόκειται σε ένα φορτίο (Setyaningsih *et al.*, 2019). Από τον Πίνακα 8.3 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στην σκληρότητα μεταξύ των δειγμάτων με την μέγιστη τιμή να εμφανίζεται σε προσθήκη αλέσματος υπερικού 5%. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν σε έρευνα των Izzati,

Norhidayah and Noorlaila (2014), στην οποία αλεύρι σίτου υποκαταστάθηκε από αλεύρι ώριμης και ωριμασμένης μπανάνας σε διαφορετικές συγκεντρώσεις αλλά και στην έρευνα των Galla *et al.* (2017) όπου η προσθήκη άλευρου από σπανάκι προκάλεσε αύξηση της σκληρότητας των μπισκότων. Τα υψηλότερα επίπεδα σπαθόχορτου μπορεί να έχουν προσθέσει περισσότερες φυτικές ίνες με αποτέλεσμα την χαμηλότερη δέσμευση υδατανθράκων και συνεπώς την μικρότερη αντοχή σε θραύση. Η απόσταση μέχρι το σπάσιμο δίνει μια ένδειξη της ευθραστότητας του δείγματος καθώς δείχνει πόσο μπορεί να παραμορφωθεί ένα δείγμα πριν από το σπάσιμο. Στατιστικά σημαντική διαφορά στην ευθραστότητα παρατηρήθηκε μεταξύ των δειγμάτων 1%, 3% και 5% προσθήκης σπαθόχορτου. Το αποτέλεσμα συμβαδίζει με την έρευνα των Galla *et al.* (2017), στην οποία παρατηρήθηκε αύξηση της ευθραστότητας, καθώς έχουμε μικρότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στα μπισκότα και ταυτόχρονα υψηλότερες ποσότητες φυτικών ινών. Αυτό καθιστά τη δομή πιο εύθραυστη λόγω του πιο αδύναμου δικτύου γλουτένης, ενισχύοντας την ευθραστότητα. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στην έρευνα των Molnar *et al.* (2015).

**Πίνακας 7.3** Επίδραση της προσθήκης αλέσματος υπερικού στα χαρακτηριστικά της υφής του αρτοσκευάσματος παρασκευασμένο σε διαφορετικά επίπεδα αλέσματος υπερικού

Άλεσμα υπερικού (%)	Σκληρότητα (N)	Ευθραστότητα (mm)
0	17,89±1,38 <sup>a</sup>	0,68±0,05 <sup>a</sup>
1	22,81±0,34 <sup>b</sup>	0,68±0,03 <sup>a</sup>
3	29,87±0,64 <sup>c</sup>	0,80±0,15 <sup>b</sup>
5	33,62±0,9 <sup>d</sup>	0,88±0,04 <sup>c</sup>

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

#### 7.4 Αποτελέσματα ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δράσης

Τα βότανα όχι μόνο βελτιώνουν τη γεύση και το άρωμα των προϊόντων αλλά μπορεί επίσης να έχουν ευεργετικές ιδιότητες στην υγεία (π.χ. αντιοξειδωτική, αντικαρκινική, αντιφλεγμονώδη ή αντιμικροβιακή δράση) και εφαρμόζονται στην παραγωγή πολλών προϊόντων δημητριακών (Jakubczyk *et al.*, 2021). Τα φυτικά είδη του γένους *Hypericum* είναι πολύ γνωστά για τη χρήση τους στην ιατρική, λόγω της θεραπευτικής αποτελεσματικότητας του και συγκεκριμένα το *Hypericum perforatum* L. (θεραπεία της κατάθλιψης, βοτανοθεραπεία, εξωτερικά για τη θεραπεία δερματικών πληγών, εκζέματος και εγκαυμάτων και εσωτερικά για διαταραχές του κεντρικού νευρικού συστήματος, το πεπτικό σύστημα). Το βότανο έχει υψηλή συγκέντρωση σε



βιοδραστικές ενώσεις, όπως πολυφαινόλες, φλαβονοειδή, διφλαβόνες, φαινολικά οξέα και ναφθοδιανθρόνες αυξάνοντας έτσι την βιολογική του δραστηριότητα καθώς προστίθεται στα μπισκότα (Gioti *et al.*, 2009). Συγκεκριμένα, μετρήθηκε το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και η αντιοξειδωτική δράση του αλέσματος, όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 8.4. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων με προσθήκη 1%, 3% και 5% όσον αφορά το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και αντίστοιχη στατιστική σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στην αντιοξειδωτική δράση, δεδομένα που οδήγησαν στην αύξηση του συνολικού φαινολικού περιεχομένου αλλά και της αντιοξειδωτικής δράσης των τελικών προϊόντων με την αύξηση του αλέσματος υπερίκου. Τα αποτελέσματα συμπίπτουν με τη μελέτη του Jakubczyk *et al.* (2021) που διεξήχθη σε μπισκότα, η οποία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη αλέσματος υπερίκου συμβάλλει στην αύξηση των ολικών φαινολικών. Παρόμοια έρευνα που διεξήχθη από τον Złotek (2018) σε κέικ, έδειξε αύξηση της αντιοξειδωτικής δράσης των κέικ με την αύξηση σκόνης βασιλικού.

**Πίνακας 7.4** Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο και αντιοξειδωτική δράση αλέσματος υπερίκου και μπισκότων παρασκευασμένα σε διαφορετικά επίπεδα αλέσματος υπερίκου.

<i>Άλεσμα υπερίκου</i>				
<b>Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg/100g)</b>	6,68±0,040			
<b>Αντιοξειδωτική δράση %</b>	86,87±0,070			
<i>Αρτοσκεύασμα</i>				
<b>Άλεσμα υπερίκου (%)</b>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>5</i>
<b>Συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (mg/g)</b>	0,43±0,09 <sup>a</sup>	0,44±0,05 <sup>a</sup>	0,74±0,04 <sup>b</sup>	1,11±0,07 <sup>c</sup>
<b>Αντιοξειδωτική δράση %</b>	4,84±0,16 <sup>a</sup>	13,13±0,63 <sup>b</sup>	22,1±0,2 <sup>c</sup>	44,4±1,1 <sup>d</sup>

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

### 7.5 Αποτελέσματα Image Analysis

Η ανάλυση εικόνας χρησιμοποιείται για τη λήψη σημαντικών διαγνωστικών πληροφοριών για σταθερή και αμερόληπτη ερμηνεία. Το λογισμικό Image Pro Plus αναλύει εικόνες υψηλής ποιότητας και μετρά διάφορες πτυχές του προϊόντος μετατρέποντας τα εικονοστοιχεία σε χιλιοστά μετά από ορθή βαθμονόμηση (Esteller and Lannes, 2008). Η χρήση του λογισμικού στην ερευνητική διαδικασία είναι σημαντική, αλλά δεν υπάρχει μια καθολικά αποδεκτή τεχνική για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της λόγω των διαφορετικών μεθοδολογιών και τρόπων λήψης φωτογραφιών (με σαρωτή ή κάμερα). Αυτό οδηγεί σε δυσκολία σύγκρισης

μεταξύ των δημοσιευμένων αποτελεσμάτων. Παρόλα αυτά, η χρήση λογισμικού παραμένει σημαντική για την αναγνώριση διαγνωστικά σημαντικών πληροφοριών και την επίτευξη επαναληπτικών και αντικειμενικών ερμηνειών των αποτελεσμάτων (Lazou, Anastasiadis and Pronata, 2021). Τα αποτελέσματα των γεωμετρικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών των μπισκότων παρατίθενται στον Πίνακα 8.5. Η επιφάνεια, διάμετρος και η ακτίνα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά με την αύξηση του ποσοστού του αλέσματος υπερικού. Η περίμετρος των μπισκότων επηρεάστηκε έχοντας στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων 1%, 3% και 5% με την προσθήκη του αλέσματος υπερικού. Η ετερογένεια και οι δενδρίτες είναι χαρακτηριστικά υφής της επιφάνειας που μετρήθηκαν αντίστοιχα με την τεχνική της ανάλυσης εικόνας. Στην ανάλυση εικόνας, οι δενδρίτες αναφέρονται στις δομές που μοιάζουν με κλάδους και βρίσκονται στην επιφάνεια των μπισκότων και το σχήμα και το μέγεθός τους μπορεί να είναι σημαντικά χαρακτηριστικά. Οι δενδρίτες έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά με την αύξηση του αλέσματος υπερικού. Η ετερογένεια υποδεικνύει την οπτική ομαλότητα ή τραχύτητα μιας επιφάνειας. Οι επιφάνειες των μπισκότων ήταν ως επί το πλείστον λείες, με τιμές ετερογένειας χαμηλότερες από 0,5 (Morigano, Carra and Alamprese, 2018). Η ετερογένεια αντίστοιχα εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά καθώς αυξάνεται το ποσοστό του υπερικού. Η στρογγυλότητα (R) ορίζεται ως ο βαθμός ευκρίνειας των γωνιών ενός στερεού αντικείμενου. Εάν οι γωνίες του αντικείμενου εξαφανιστούν τότε R=1 (Amos Nussinovitch and Madoka Hirashima, 2023). Την βέλτιστη στρογγυλότητα με βάση τον ορισμό τον έχουν τα μπισκότα δίχως προσθήκη υπερικού. Όσον αφορά την αναλογία απεικόνισης (aspect ratio), δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά, με την αύξηση της περιεκτικότητας σε άλεσμα υπερικού.

**Πίνακας 7.5** Γεωμετρικές και μορφολογικές ιδιότητες των μπισκότων παρασκευασμένα με διαφορετικά επίπεδα αλέσματος υπερικού που εκτιμάται από το πρόγραμμα Image Pro-Plus

<b>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά μπισκότων</b>			
<b>Άλεσμα Υπερικού (%)</b>	<b>Perimeter (mm)</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Radius (mm)</b>
0	229,76±24,27 <sup>a</sup>	787,72±16,12 <sup>a</sup>	277,69±1,72 <sup>b</sup>
1	189,85±36,69 <sup>b</sup>	767,11±24,86 <sup>a</sup>	273,96±4,27 <sup>a</sup>
3	254,23±24,25 <sup>a</sup>	807,41±45,06 <sup>a</sup>	275,41±1,95 <sup>a</sup>
5	320,36±13,79 <sup>c</sup>	768,57±53,88 <sup>a</sup>	273,54±2,36 <sup>a</sup>

Cross Section Characteristics					
Άλεσμα υπερικού (%)	Area (mm <sup>2</sup> )	Dendrites	Heretogenity	Roundness	Aspect Ratio
0	2177,07±52,39 <sup>a</sup>	55,33±2,16 <sup>a</sup>	0,66±0,02 <sup>a</sup>	1,22±0,08 <sup>a</sup>	1,04±0,02 <sup>b</sup>
1	2312,62±36,23 <sup>b</sup>	46±2,53 <sup>b</sup>	0,56±0,02 <sup>b</sup>	2,25±0,97 <sup>b</sup>	1,08±0,01 <sup>a</sup>
3	2393,67±68,84 <sup>c</sup>	31,67±3,01 <sup>c</sup>	0,43±0,04 <sup>c</sup>	3,36±0,28 <sup>c</sup>	1,07±0,04 <sup>a</sup>
5	2338,34±31,18 <sup>b,c</sup>	24,17±2,04 <sup>d</sup>	0,3±0,04 <sup>d</sup>	2,7±0,56 <sup>a,b,c</sup>	1,14±0,02 <sup>b</sup>

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

### 7.6 Αποτελέσματα Συντελεστή εξάπλωσης

Ο συντελεστής εξάπλωσης είναι σημαντική παράμετρος στην παραγωγή μπισκότων, καθώς επηρεάζει άμεσα την ποιότητα και την εμφάνισή τους. Αναφέρεται στον βαθμό στον οποίο απλώνεται το ζυμάρι του μπισκότου κατά το ψήσιμο, ο οποίος μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως η σύνθεση του ζυμαριού, η θερμοκρασία ψησίματος και ο χρόνος. Ένας υψηλός συντελεστής διασποράς μπορεί να οδηγήσει σε επίπεδα, λεπτά μπισκότα, ενώ ένας χαμηλός συντελεστής διασποράς μπορεί να οδηγήσει σε πυκνά, παχιά μπισκότα. Η επίτευξη του επιθυμητού συντελεστή διασποράς είναι σημαντικό για την παραγωγή μπισκότων με σταθερή υφή και γεύση και απαιτεί προσεκτικό έλεγχο της διαδικασίας ψησίματος (Seevaratnam, 2012). Στον συντελεστή εξάπλωσης παρατηρείται μείωση της τιμής του με την εισαγωγή σπαθόχορτου και αύξηση της τιμής του με την αύξηση του ποσοστού σπαθόχορτου, με μέγιστη τιμή 8,89.

**Πίνακας 7.6** Γεωμετρικές και μορφολογικές ιδιότητες των μπισκότων παρασκευασμένα με διαφορετικά επίπεδα αλέσματος υπερικού που εκτιμάται από μέτρηση με χρήση παχυμέτρου

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά μπισκότων			
Άλεσμα Υπεरिकού (%)	Width (mm)	Thickness (mm)	Spread Factor
0	33,7±0,63 <sup>a</sup>	6,0±0,02 <sup>b</sup>	9,36±0,04 <sup>a</sup>
1	32,4±0,28 <sup>b</sup>	6,3±0,05 <sup>a</sup>	8,42±0,07 <sup>c</sup>
3	32,6±0,06 <sup>b</sup>	6,4±0,01 <sup>a</sup>	8,46±0,01 <sup>c</sup>
5	32±0 <sup>b</sup>	6,0±0 <sup>c</sup>	8,89±0 <sup>b</sup>

## 8 Συμπεράσματα

Τα αρτοσκευάσματα αποτελούν και θα αποτελούν έναν υποσχόμενο τομέα έρευνας για την ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων. Το άλεσμα υπερικού, είναι ένα ελπιδοφόρο εναλλακτικό άλεσμα, όχι μόνο από βιώσιμης σκοπιάς, αλλά και επειδή πρόκειται για ένα πολύ θρεπτικό άλεσμα. Σε αυτήν τη μελέτη αποδείχθηκε ότι το άλεσμα υπερικού συνεισφέρει στην ενίσχυση της θρεπτικής αξίας των μπισκότων, αυξάνοντας τη συνολική περιεκτικότητα φαινολικού περιεχομένου και την αντιοξειδωτική δράση, ενώ ταυτόχρονα το τελικό προϊόν είναι αποδεκτό από τους καταναλωτές. Οι φυσικοχημικές, δομικές ιδιότητες και ιδιότητες υφής των μπισκότων επηρεάζονται σημαντικά με την προσθήκη υπερικού. Η αύξηση του αλέσματος υπερικού προκάλεσε αύξηση της υγρασίας του τελικού προϊόντος αλλά και ταυτόχρονη αύξηση της ενεργότητας ύδατος. Αναμενόμενη επίδραση στο χρώμα του τελικού προϊόντος είχε η προσθήκη αλέσματος υπερικού, καθώς το χρώμα του αλέσματος είναι εκ φύσεως σκούρο, δίνοντας με την προσθήκη του σκούρο χρωματισμό στα τελικά προϊόντα. Η χρωματική αλλαγή επιβεβαιώθηκε τόσο με την χρήση οργάνου όσο και με οργανοληπτική αξιολόγηση. Με την αύξηση του αλέσματος υπερικού παρατηρήθηκε ότι η σκληρότητα και η ευθραστότητα των μπισκότων αυξήθηκε λόγω πυκνότερων προϊόντων και αδύναμου δικτύου γλουτένης αντίστοιχα. Η προσθήκη αλέσματος υπερικού, επηρέασε τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των μπισκότων, επιδρώντας στην ετερογένεια, στις επιφανειακές ρωγμές, στρογγυλότητα αλλά και στο συντελεστή διασποράς των μπισκότων. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη αλέσματος υπερικού στα μπισκότα έχει σημαντικές επιδράσεις στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος, βελτιώνοντας την θρεπτικής αξία του προϊόντος, ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ιατρικές επιπτώσεις αυτής της προσθήκης. Η πιθανή αλληλεπίδραση με φάρμακα, οι παρενέργειες και η αποτελεσματικότητα του σπαθόχορτου όταν προστίθεται στα μπισκότα είναι όλοι σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να καθοριστεί εάν τα οφέλη υπερτερούν των κινδύνων από την κατανάλωση του σπαθόχορτου σε προϊόντα μπισκότων.

Η έρευνα που θα μπορούσε να συνεχιστεί μελλοντικά με:

- Διερεύνηση των πιθανών πλεονεκτημάτων για την υγεία του υπερικού στα μπισκότα, όπως οι αντιφλεγμονώδεις και αντιμικροβιακές του ιδιότητες, και πώς αυτές οι ιδιότητες μπορεί να επηρεαστούν από τον κλιβανισμό.

- Μελέτη της σταθερότητας των δραστικών συστατικών στο υπερίκο κατά τον κλιβανισμό και την αποθήκευση των μπισκότων και πώς οι συνθήκες επεξεργασίας (όπως η θερμοκρασία και ο χρόνος) επηρεάζουν αυτές τις ενώσεις.
- Εξέταση της πιθανής παράτασης της διάρκειας ζωής των μπισκότων που περιέχουν σπαθόχορτο σε σύγκριση με εκείνα χωρίς, και των επιπτώσεων των διαφορετικών συνθηκών αποθήκευσης (όπως θερμοκρασία και υγρασία) στην ποιότητα και την ασφάλεια των μπισκότων.
- Μελέτη της βιοδιαθεσιμότητας των δραστικών ενώσεων στο σπαθόχορτο στα μπισκότα και πώς μπορεί να επηρεαστεί από τη μήτρα του μπισκότου και τις πεπτικές διεργασίες του ανθρώπου.
- Διερεύνηση της πιθανής αλλεργιογόνου δράσης του σπαθόχορτο στα μπισκότα και τα ζητήματα ασφάλειας για ευαίσθητους πληθυσμούς.

## 9 Βιβλιογραφία

- Agrahar-Murugkar, D. *et al.* (2015) 'Evaluation of nutritional, textural and particle size characteristics of dough and biscuits made from composite flours containing sprouted and malted ingredients', *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), pp. 5129–5137. doi: 10.1007/s13197-014-1597-y.
- Alahmad, A. *et al.* (2021) 'Hypericum perforatum L.-mediated green synthesis of silver nanoparticles exhibiting antioxidant and anticancer activities', *Nanomaterials*, 11(2), p. 487.
- Ali, M. *et al.* (2018) 'An in vivo study of Hypericum perforatum in a niosomal topical drug delivery system', *Drug delivery*, 25(1), pp. 417–425.
- Alkhatib, A. (2020) 'Antiviral functional foods and exercise lifestyle prevention of coronavirus', *Nutrients*, 12(9), p. 2633.
- Amara, S. G. and Kuhar, M. J. (1993) 'Neurotransmitter transporters: recent progress', *Annual review of neuroscience*, 16(1), pp. 73–93.
- Amos Nussinovitch and Madoka Hirashima (2023) 'Use of Hydrocolloids to Control Food Appearance, Flavor, Texture, and Nutrition'.
- Anderson, I. M. *et al.* (2008) 'Evidence-based guidelines for treating depressive disorders with antidepressants: a revision of the 2000 British Association for Psychopharmacology guidelines', *Journal of psychopharmacology*, 22(4), pp. 343–396.
- Andren, L. and Andreasson Åand Eggertsen, R. (2007) 'Interaction between a commercially available St. John's wort product (Movina) and atorvastatin in patients with hypercholesterolemia', *European Journal of Clinical Pharmacology*, 63, pp. 913–916.
- Antonic, B. *et al.* (2021) 'Effect of grape seed flour on the antioxidant profile, textural and sensory properties of waffles', *Processes*, 9(1), p. 131.
- Anuradha, K. *et al.* (2010) 'Effect of vanilla extract on radical scavenging activity in biscuits', *Flavour and Fragrance Journal*, 25(6), pp. 488–492. doi: 10.1002/ffj.2009.
- AOAC (2000) 'Official methods of analysis international'.
- Araf, Y. *et al.* (2021) 'SARS-CoV-2: a new dimension to our understanding of coronaviruses', *International Microbiology*, 24, pp. 19–24.
- Argyri, E.-A. *et al.* (2021) 'Olive paste-enriched cookies exert increased antioxidant activities', *Applied Sciences*, 11(12), p. 5515.
- Arsić, I. *et al.* (2011) 'Estimation of dermatological application of creams with St. John's Wort oil extracts', *Molecules*, 17(1), pp. 275–294.
- Artigas, F. (2013) 'Serotonin receptors involved in antidepressant effects', *Pharmacology & therapeutics*, 137(1), pp. 119–131.
- Avato, P. *et al.* (2004) 'Extracts from St John's wort and their antimicrobial activity', *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(3), pp. 230–232.
- Banks, J. B. and Boals, A. (2017) 'Understanding the role of mind wandering in stress-related working memory impairments', *Cognition and emotion*, 31(5), pp. 1023–1030.
- Barnes, J., Anderson, L. A. and Phillipson, J. D. (2001) 'St John's wort (Hypericum

- perforatum L.): a review of its chemistry, pharmacology and clinical properties', *Journal of pharmacy and pharmacology*, 53(5), pp. 583–600.
- Bhadra, R., Ravakhah, K. and Ghosh, R. K. (2015) 'Herb-drug interaction: The importance of communicating with primary care physicians', *The Australasian medical journal*, 8(10), p. 315.
- Biernacka, B. *et al.* (2021) 'Common wheat pasta enriched with cereal coffee: Quality and physical and functional properties', *LWT*, 139, p. 110516.
- Birch, C. S. and Bonwick, G. A. (2019) 'Ensuring the future of functional foods', *International Journal of Food Science & Technology*, 54(5), pp. 1467–1485.
- 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.
- Bjørklund, G. and Chirumbolo, S. (2017) 'Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health', *Nutrition*, 33, pp. 311–321.
- Blaschek, W., von Bruchhausen, F. and Hager, H. (1997) *Hagers handbuch der pharmazeutischen praxis*. Springer Verlag.
- Boals, A. and Banks, J. B. (2020) 'Stress and cognitive functioning during a pandemic: Thoughts from stress researchers.', *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*, 12(S1), p. S255.
- Borrelli, F. and Izzo, A. A. (2009) 'Herb--drug interactions with St John's wort (*Hypericum perforatum*): an update on clinical observations', *The AAPS journal*, 11, pp. 710–727.
- Butterweck, V. *et al.* (2002) 'Long-term effects of St. John's wort and hypericin on monoamine levels in rat hypothalamus and hippocampus', *Brain research*, 930(1–2), pp. 21–29.
- Carciochi, R. A., Galván D'Alessandro, L. and Manrique, G. D. (2016) 'Effect of roasting conditions on the antioxidant compounds of quinoa seeds', *International Journal of Food Science and Technology*, 51(4), pp. 1018–1025. doi: 10.1111/ijfs.13061.
- Caro-Corrales, J. *et al.* (2002) 'Analysis of random variability in biscuit cooling', *Journal of Food Engineering*, 54(2), pp. 147–156. doi: 10.1016/S0260-8774(01)00202-3.
- Červenka, L., Brožková, I. and Vyřasová, J. (2006) 'Effects of the principal ingredients of biscuits upon water activity', *Journal of Food and Nutrition Research*, 45(1), pp. 39–43.
- Chatterjee, S. S. *et al.* (1998) 'Hyperforin as a possible antidepressant component of hypericum extracts', *Life sciences*, 63(6), pp. 499–510.
- Cicco, N. *et al.* (2009) 'A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts', *Microchemical Journal*, 91(1), pp. 107–110. doi: 10.1016/j.microc.2008.08.011.
- Coleta, M. *et al.* (2001) 'Comparative evaluation of *Melissa officinalis* L., *Tilia europaea* L., *Passiflora edulis* Sims. and *Hypericum perforatum* L. in the elevated plus maze anxiety test', *Pharmacopsychiatry*, 34(Sup. 1), pp. 20–21.
- Cui, Y. and Zheng, Y. (2016) 'A meta-analysis on the efficacy and safety of St John's wort extract in depression therapy in comparison with selective serotonin reuptake inhibitors in

adults', *Neuropsychiatric disease and treatment*, 12, p. 1715.

Diprat, A. B. *et al.* (2020) 'Chlorella sorokiniana: A new alternative source of carotenoids and proteins for gluten-free bread', *Lwt*, 134(April), p. 109974. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109974.

Dougan, Sule *et al.* (2019) 'Anti-quorum sensing and anti-biofilm activities of *Hypericum perforatum* extracts against *Pseudomonas aeruginosa*', *Journal of ethnopharmacology*, 235, pp. 293–300.

Dziki, D. *et al.* (2021) 'The fruits of sumac (*Rhus coriaria* L.) as a functional additive and salt replacement to wheat bread', *LWT*, 136, p. 110346.

Erlund, I. *et al.* (2000) 'Pharmacokinetics of quercetin from quercetin aglycone and rutin in healthy volunteers', *European journal of clinical pharmacology*, 56(8), pp. 545–553.

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.

Fernandez, H. H. and Chen, J. J. (2007) 'Monamine oxidase inhibitors: current and emerging agents for Parkinson disease', *Clinical neuropharmacology*, 30(3), pp. 150–168.

Flausino Jr, O. A. *et al.* (2002) 'Effects of acute and chronic treatment with *Hypericum perforatum* L. (LI 160) on different anxiety-related responses in rats', *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 71(1–2), pp. 251–257.

Frassinetti, S. *et al.* (2018) 'Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts', *Food Chemistry*, 262(November 2017), pp. 56–66. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.04.078.

Gaedcke, F. (2003) 'Herstell-und Qualitätsaspekte pflanzlicher Extrakte', *Pharmazie in unserer Zeit*, 32(3), pp. 192–202.

Galeotti, N. (2017) '*Hypericum perforatum* (St John's wort) beyond depression: A therapeutic perspective for pain conditions', *Journal of ethnopharmacology*, 200, pp. 136–146.

Galla, N. R. *et al.* (2017) 'Nutritional, textural and sensory quality of biscuits supplemented with spinach (*Spinacia oleracea* L.)', *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 7(December 2016), pp. 20–26. doi: 10.1016/j.ijgfs.2016.12.003.

Gether, U. *et al.* (2006) 'Neurotransmitter transporters: molecular function of important drug targets', *Trends in pharmacological sciences*, 27(7), pp. 375–383.

Gioti, E. M. *et al.* (2009) 'Antioxidant activity and bioactive components of the aerial parts of *Hypericum perforatum* L. from Epirus, Greece', *Food Chemistry*, 117(3), pp. 398–404. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.04.016.

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(June), p. 109621. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109621.

Haritos, V. S. *et al.* (2000) 'Role of cytochrome P450 2D6 (CYP2D6) in the stereospecific metabolism of E- and Z-doxepin', *Pharmacogenetics and Genomics*, 10(7), pp. 591–603.

Isacchi, B. *et al.* (2007) 'Analysis and stability of the constituents of St. John's wort oils prepared with different methods', *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 45(5), pp. 756–761.



- Istikoglou, C. I., Mavreas, V. and Geroulanos, G. (2010) 'History and therapeutic properties of *Hypericum perforatum* from antiquity until today', *Psychiatriki*, 21(4), pp. 332–338.
- Izzati, N. F., Norhidayah, M. and Noorlaila, A. (2014) 'Textural and sensorial properties of cookies prepared by partial substitution of wheat flour with unripe banana (*Musa x paradisiaca* var . Tanduk and *Musa acuminata* var . Emas ) flour', *International Food Research Journal*, 21(6), pp. 2133–2139.
- Jackson, A. *et al.* (2014) 'Pharmacokinetics of the co-administration of boceprevir and St John's wort to male and female healthy volunteers', *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 69(7), pp. 1911–1915.
- Jaganath, I. B. *et al.* (2006) 'The relative contribution of the small and large intestine to the absorption and metabolism of rutin in man', *Free radical research*, 40(10), pp. 1035–1046.
- Jakubczyk, A. *et al.* (2020) 'The influence of millet flour on antioxidant, anti-ACE, and antimicrobial activities of wheat wafers', *Foods*, 9(2), p. 220.
- 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.
- Kessler, R. C. *et al.* (2005) 'Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication', *Archives of general psychiatry*, 62(6), pp. 593–602.
- Kobak, K. A. *et al.* (2005) 'St John's wort versus placebo in obsessive--compulsive disorder: results from a double-blind study', *International Clinical Psychopharmacology*, 20(6), pp. 299–304.
- 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.
- Kruczek, M. *et al.* (2023) 'Phenolic Compounds and Antioxidant Status of Cookies Supplemented with Apple Pomace', *Antioxidants*, 12(2), p. 324.
- Kumar, A. and Singh, A. (2007) 'Protective effect of St. John's wort (*Hypericum perforatum*) extract on 72-hour sleep deprivation-induced anxiety-like behavior and oxidative damage in mice', *Planta medica*, 73(13), pp. 1358–1364.
- 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>.
- Lawvere, S. and Mahoney, M. C. (2005) 'St. John's wort', *American Family Physician*, 72(11), pp. 2249–2254.
- 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., Anastasiadis, G. and Provata, T. (2021) 'Valorization of defatted hemp seed meal

for the development of novel rich dough foods products’.

Linde, K., Mm, B. and Kriston, L. (2008) ‘St John ’ s wort for major depression ( Review )’, *The Cochrane Library*, (4), pp. 1–110.

Di Lorenzo, C. *et al.* (2021) ‘Polyphenols and human health: The role of bioavailability’, *Nutrients*, 13(1), p. 273.

Lyles, J. T. *et al.* (2017) ‘The chemical and antibacterial evaluation of St. John’s Wort oil macerates used in Kosovar traditional medicine’, *Frontiers in Microbiology*, 8, p. 1639.

Magallanes López, A. M. and Simsek, S. (2021) ‘Pathogens control on wheat and wheat flour: A review’, *Cereal Chemistry*, 98(1), pp. 17–30.

Maisenbacher, P. and Kovar, K.-A. (1992) ‘Analysis and stability of Hyperici oleum’, *Planta medica*, 58(04), pp. 351–354.

Mamat, H., Abu Hardan, M. O. and Hill, S. E. (2010) ‘Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit’, *Food Chemistry*, 121(4), pp. 1029–1038. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.043.

Mamat, H. and Hill, S. E. (2014) ‘Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit’, *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), pp. 1998–2005. doi: 10.1007/s13197-012-0708-x.

Manley, D. (2000) *Technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing Ltd.

Manley, D., Pareyt, B. and Delcour, J. A. (2011) *Short dough biscuits*. Fourth Edi, *Manley’s Technology of Biscuits, Crackers and Cookies: Fourth Edition*. Fourth Edi. Woodhead Publishing Limited. doi: 10.1533/9780857093646.3.331.

Mann, J. J. (2005) ‘The medical management of depression’, *New England Journal of Medicine*, 353(17), pp. 1819–1834.

Mannel, M. (2004) ‘Drug interactions with St John’s wort: mechanisms and clinical implications’, *Drug safety*, 27, pp. 773–797.

Manohar, R. S. and Rao, P. H. (1997) ‘Effect of mixing period and additives on the rheological characteristics of dough and quality of biscuits’, *Journal of Cereal Science*, 25, pp. 197–206.

Manohar, R. S. and Rao, P. H. (1999) ‘Effect of mixing method on the rheological characteristics of biscuit dough and the quality of biscuits’, *European Food Research and Technology*, 210(1), pp. 43–48. doi: 10.1007/s002170050530.

Marion, B. *et al.* (2019) ‘Study of the distribution of water within a biscuit during cooling; effect on the checking and the breakage’, *Food Chemistry*, 299(January), p. 125078. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125078.

Markowitz, J. S. *et al.* (2003) ‘Effect of St John’s wort on drug metabolism by induction of cytochrome P450 3A4 enzyme’, *Jama*, 290(11), pp. 1500–1504.

Masiello, P. *et al.* (2020) ‘Can Hypericum perforatum (SJW) prevent cytokine storm in COVID-19 patients?’, *Phytotherapy Research*, 34(7), p. 1471.

Menegazzi, M. *et al.* (2008) ‘Protective effects of St. John’s wort extract and its component hyperforin against cytokine-induced cytotoxicity in a pancreatic  $\beta$ -cell line’, *The*

*International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 40(8), pp. 1509–1521.

Molnar, D. *et al.* (2015) ‘Characterization of biscuits enriched with black currant and jostaberry powder’, *Croatian Journal of Food Technology*, 10(2), pp. 31–36.

Mordor Intelligence (2021) *BAKERY PRODUCTS MARKET - GROWTH, TRENDS, COVID-19 IMPACT, AND FORECASTS*. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bakery-products-market>.

Moriano, M. E., Cappa, C. and Alamprese, C. (2018) *Reduced-fat soft-dough biscuits: Multivariate effects of polydextrose and resistant starch on dough rheology and biscuit quality*, *Journal of Cereal Science*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.jcs.2018.04.010.

Morimoto, T. *et al.* (2004) ‘Effect of St. John’s wort on the pharmacokinetics of theophylline in healthy volunteers’, *The Journal of Clinical Pharmacology*, 44(1), pp. 95–101.

Napoli, E. *et al.* (2018) ‘Phytochemical profiles, phototoxic and antioxidant properties of eleven *Hypericum* species--A comparative study’, *Phytochemistry*, 152, pp. 162–173.

Nebel, A. (1999) ‘Potential metabolic interaction between St. John’s wort and theophylline’, *Ann. Pharmacother*, 33, p. 502.

Ng, Q. X., Venkatanarayanan, N. and Ho, C. Y. X. (2017) ‘Clinical use of *Hypericum perforatum* (St John’s wort) in depression: A meta-analysis’, *Journal of affective disorders*, 210, pp. 211–221.

Nieminen, T. H. *et al.* (2010) ‘St John’s wort greatly reduces the concentrations of oral oxycodone’, *European journal of pain*, 14(8), pp. 854–859.

Novelli, M. *et al.* (2014) ‘St. John’s wort extract and hyperforin protect rat and human pancreatic islets against cytokine toxicity’, *Acta diabetologica*, 51, pp. 113–121.

Novelli, M. *et al.* (2019) ‘Persistence of STAT-1 inhibition and induction of cytokine resistance in pancreatic  $\beta$  cells treated with St John’s wort and its component hyperforin’, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 71(1), pp. 93–103.

Oliveira, A. I. *et al.* (2018) ‘Development, characterization, antioxidant and hepatoprotective properties of poly ( $\epsilon$ -caprolactone) nanoparticles loaded with a neuroprotective fraction of *Hypericum perforatum*’, *International journal of biological macromolecules*, 110, pp. 185–196.

Oliver, G., Thacker, D. and Wheeler, R. J. (1995) ‘Semi-sweet biscuits : 1 . the influence of sodium performance’, *J Sci Food Agric*, 69(Wade 1988), pp. 141–150.

Oliver, G., Wheeler, R. J. and Thacker, D. (1996) ‘Semi-sweet biscuits: 2. Alternatives to the use of sodium metabisulphite in semi-sweet biscuit production’, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71(3), pp. 337–344. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199607)71:3<337::AID-JSFA589>3.0.CO;2-4.

Orhan, I. E. *et al.* (2013) ‘Assessment of antimicrobial and antiprotozoal activity of the olive oil macerate samples of *Hypericum perforatum* and their LC--DAD--MS analyses’, *Food chemistry*, 138(2–3), pp. 870–875.

Piscitelli, S. C. *et al.* (2000) ‘Indinavir concentrations and St John’s wort’, *The Lancet*, 355(9203), pp. 547–548.

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.
- Pressman, A., Pressman, A. H. and Burke, N. (1998) *St. John's Wort: The Miracle Medicine*. Dell.
- Ranok, A. *et al.* (2021) 'Physicochemical properties and antioxidant activity of gluten-free riceberry-cheese cracker under simulated gastrointestinal transit', *Journal of Food Science and Technology*, 58, pp. 2825–2833.
- Rengelshausen, J. *et al.* (2005) 'Opposite effects of short-term and long-term St John's wort intake on voriconazole pharmacokinetics', *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 78(1), pp. 25–33.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J. and Paganga, G. (1996) 'Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids', *Free radical biology and medicine*, 20(7), pp. 933–956.
- Rios, R. V. *et al.* (2014) 'Application of fats in some food products', *Food Science and Technology*, 34(1), pp. 3–15. doi: 10.1590/S0101-20612014000100001.
- Romanchik-Cerpovicz, J. E., Jeffords, M. J. A. and Onyenwoke, A. C. (2019) 'College student acceptance of chocolate bar cookies containing puree of canned green peas as a fat-ingredient substitute', *Journal of Culinary Science & Technology*, 17(6), pp. 507–518.
- Rousta, L. K. *et al.* (2021) 'Use of encapsulation technology to enrich and fortify bakery, pasta, and cereal-based products', *Trends in Food Science & Technology*, 118, pp. 688–710.
- 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.
- Sarris, J. *et al.* (2011) 'Herbal medicine for depression, anxiety and insomnia: A review of psychopharmacology and clinical evidence', *European Neuropsychopharmacology*, 21(12), pp. 841–860. doi: 10.1016/j.euroneuro.2011.04.002.
- Schepetkin, I. A. *et al.* (2020) 'Chemical composition and immunomodulatory activity of *Hypericum perforatum* essential oils', *Biomolecules*, 10(6), p. 916.
- Schmidt, A. H. (2003) 'Use of an on-line, precolumn photochemical reactor in high-performance liquid chromatography of naphthodianthrones in *Hypericum perforatum* preparations', *Journal of Chromatography A*, 987(1–2), pp. 181–187.
- Schulz, H.-U. *et al.* (2005) 'Investigation of pharmacokinetic data of hypericin, pseudohypericin, hyperforin and the flavonoids quercetin and isorhamnetin revealed from single and multiple oral dose studies with a hypericum extract containing tablet in healthy male volunteers', *Arzneimittelforschung*, 55(10), pp. 561–568.
- Seevaratnam, V. (2012) 'Studies on the Preparation of Biscuits Incorporated with Potato Flour 1', *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 7(1), p. 6. doi: 10.5829/idosi.wjdfs.2012.7.1.6148.
- Serafini, M. and Peluso, I. (2016) 'Functional foods for health: the interrelated antioxidant and anti-inflammatory role of fruits, vegetables, herbs, spices and cocoa in humans', *Current pharmaceutical design*, 22(44), pp. 6701–6715.
- 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.

Shih, J. C., Chen, K. and Ridd, M. J. (1999) 'Monoamine oxidase: from genes to behavior', *Annual review of neuroscience*, 22, p. 197.

Singh, K. *et al.* (2012) 'Bakery Products Science and Technology - 2014 - Zhou - Biscuits', 2(1), pp. 890–895.

Slade, L. and Levine, H. (1994) 'Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients', *The science of cookie and cracker production*, 9, pp. 23–141.

stablemicrosystems (2013) *Bakery Product Texture Measurement*. Available at: <https://www.stablemicrosystems.com>.

Stage, T. B. *et al.* (2015) 'Intake of St John's wort improves the glucose tolerance in healthy subjects who ingest metformin compared with metformin alone', *British journal of clinical pharmacology*, 79(2), pp. 298–306.

Sudha, M. L., Chetana, R. and Reddy, S. Y. (2014) 'Effect of microencapsulated fat powders on rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits', *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), pp. 3984–3990. doi: 10.1007/s13197-013-0936-8.

Teresa Molina, M., Vaz, S. M. and Bouchon, P. (2021) 'The creaming of short doughs and its impact on the quality attributes of rotary-molded biscuits', *Foods*, 10(3), pp. 1–18. doi: 10.3390/foods10030621.

Teufel-Mayer, R. and Gleitz, J. (1997) 'Effects of long-term administration of hypericum extracts on the affinity and density of the central serotonergic 5-HT<sub>1A</sub> and 5-HT<sub>2A</sub> receptors', *Pharmacopsychiatry*, 30(S 2), pp. 113–116.

Tyagi, S. K. *et al.* (2007) 'Effect of mustard flour incorporation on nutritional, textural and organoleptic characteristics of biscuits', *Journal of Food Engineering*, 80(4), pp. 1043–1050. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.08.016.

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.

Wang, H. *et al.* (2015) 'A phospholipid complex to improve the oral bioavailability of flavonoids', *Drug development and industrial pharmacy*, 41(10), pp. 1693–1703.

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

Wang, Z. *et al.* (2001) 'The effects of St John's wort (*Hypericum perforatum*) on human cytochrome P450 activity', *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 70(4), pp. 317–326.

Wise, K. *et al.* (2019) 'Pharmacokinetic properties of phytochemicals in *Hypericum perforatum* influence efficacy of regulating oxidative stress', *Phytomedicine*, 59(July 2018). doi: 10.1016/j.phymed.2018.11.023.

Wu, S. (2016) *Survival of pathogens in cookie dough during storage and comparison of detection assays for pathogens in cookie dough*. University of Florida.

Yalçın, S., Yalçinkaya, S. and Ercan, F. (2021) 'Determination of potential drug candidate molecules of the *Hypericum perforatum* for COVID-19 treatment', *Current Pharmacology Reports*, 7, pp. 42–48.

- Yamada, M. and Yasuhara, H. (2004) 'Clinical pharmacology of MAO inhibitors: safety and future', *Neurotoxicology*, 25(1–2), pp. 215–221.
- YAMAZAKI, W.T. and LORD, D. D. (1971) 'Soft wheat products. In Wheat Chemistry and Technolog'.
- Yang, F. *et al.* (2020) 'Food as medicine: A possible preventive measure against coronavirus disease (COVID-19)', *Phytotherapy Research*, 34(12), pp. 3124–3136.
- Yen, G. C. and Duh, P. Der (1994) 'Scavenging Effect of Methanolic Extracts of Peanut Hulls on Free-Radical and Active-Oxygen Species', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(3), pp. 629–632. doi: 10.1021/jf00039a005.
- Zhang, W. *et al.* (2020) 'The use of anti-inflammatory drugs in the treatment of people with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): The Perspectives of clinical immunologists from China', *Clinical immunology*, 214, p. 108393.
- Zhou, S. *et al.* (2004) 'Pharmacokinetic interactions of drugs with St John's wort', *Journal of Psychopharmacology*, 18(2), pp. 262–276.
- Zirak, N. *et al.* (2019) 'Hypericum perforatum in the treatment of psychiatric and neurodegenerative disorders: Current evidence and potential mechanisms of action', *Journal of cellular physiology*, 234(6), pp. 8496–8508.
- 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(February 2017), pp. 168–174. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.129.
- Zoulias, E. I., Piknis, S. and Oreopoulou, V. (2000) 'Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14), pp. 2049–2056. doi: 10.1002/1097-0010(200011)80:14<2049::AID-JSFA735>3.0.CO;2-Q.