ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Τίτλος Εργασίας

Νέα προϊόντα αρτοποιίας εμπλουτισμένα με βιοδραστικά μικροσυστατικά από φρούτα: *Ανάπτυξη και αξιολόγηση του περιεχομένου σε φυτοχημικά.*

Πτυχιακή εργασία

ΕΛΕΝΗ ΜΑΡΙΝΗ

Αθήνα, 2022

HAROKOPIO UNIVERSITY

SCHOOL OF HEALTH SCIENCE AND EDUCATION

DEPARTMENT NUTRITION AND DIETETICS

Title

New bakery products enriched with bioactive microcomponents from fruits: Development and evaluation of phytochemical content.

Bachelor thesis

ELENI MARINI

Athens, 2022

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Αντωνία Χίου

Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας – Διατροφής, ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Βάιος Καραθάνος

Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας – Διατροφής, ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Αμαλία Γιάννη

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό του Εργαστηρίου Χημείας, Βιοχημείας, Φυσικοχημείας Τροφίμων, Τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής, ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Η ΕΛΕΝΗ ΜΑΡΙΝΗ δηλώνω υπεύθυνα ότι:

1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

3) Όπου υφίστανται δικαιώματα άλλων δημιουργών έχουν διασφαλιστεί όλες οι αναγκαίες άδειες χρήσης ενώ το αντίστοιχο υλικό είναι ευδιάκριτο στην υποβληθείσα εργασία.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας θέλω να ευχαριστήσω πρωτίστως την κ. Χίου, υπεύθυνη καθηγήτρια που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Με τη σειρά θέλω να ευχαριστήσω και την τριμελή επιτροπή μου, τον κ. Καραθάνο, την κ. Γιάννη και την κ. Χίου για την αξιολόγηση της πτυχιακής μου ,ακόμη και τις επιτηρήτριες για την ομαλή διεκπεραίωση καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής.

Η υποστήριξη της οικογένειας και των φίλων μου ήταν ο πιο σημαντικός παράγοντας. Ήταν παρόντες για μένα όποτε τους χρειαζόμουν. Τους ευχαριστώ και τους αγαπώ πολύ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ 8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ 9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ 10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ 11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ 12
Συντομογραφίες 15
1. Θεωρητικό Μέρος 16
1.1 ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ 16
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ 18
1.3 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΑΡΤΟΠΟΙΗΜΑΤΩΝ 19
1.3.1 Αποξηραμένα φρούτα 21
1.3.2 Κόκκινα Φρούτα 22
1.3.3 Σκόνη φρούτου 24
1.3.4 Εκχύλισμα 25
1.4 ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ - ΚΑΤΑΤΑΞΗ 25
1.4.1 Αντιοξειδωτική Δράση 27
1.4.2 Πολυφαινόλες και επίδραση στην υγεία 28
1.4.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ 31
1.4.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ/ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 33
1.4.5 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΏΝ ΣΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 34
1.4.6 ΣΧΕΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΑΜΥΛΟΥ 36
Σκοπός 38
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 39
2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 39
2.1.1 Παρασκευή αρτοσκευασμάτων 39
2.1.2 Μέθοδοι προσδιορισμού 40
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 42
3.1 Σταφύλι 42
3.1.1 Χρωματικές παράμετροι 42
3.1.1$^{\alpha}$ Φωτεινότητα 42
3.1.1$^{\beta}$ Παράμετρος α* 45
3.1.1$^{\gamma}$ Παράμετρος β* 47
3.1.2 Ενεργότητα ύδατος 49
3.1.3 Συσχέτιση Υγρασίας/Φωτεινότητας 51

3.2 Κεράσι 53
3.2.1 Χρωματικοί παράμετροι 53
3.2.1$^{\alpha}$ Φωτεινότητα 53
3.2.1$^{\beta}$ Παράμετρος α* 56
3.2.1$^{\gamma}$ Παράμετρος β* 58
3.2.2 Ενεργότητα ύδατος 59
3.3 Βύσσινο 62
3.3. Χρωματικές παράμετροι 62
3.3.1$^{\alpha}$ Φωτεινότητα 62
3.3.1$^{\beta}$ Παράμετρος α* 63
3.3.1$^{\gamma}$ Παράμετρος β* 65
3.3.2 Ενεργότητα ύδατος 68
3.5 Συζήτηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα 69
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 71

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ

Στην εργασία αυτή παρασκευάστηκαν μοντέλα αρτοσκευασμάτων μετά από εμπλουτισμό με βιοδραστικά μικροσυστατικά από φρούτα. Χρησιμοποιήθηκαν 3 φρούτα: σταφύλι, κεράσι και βύσσινο. Τα εμπλουτισμένα αρτοσκευάσματα παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας: εκχύλισμα φρούτου (EX), σκόνη φρούτου (P.FR), μίγμα σκόνης φρούτου και εκχυλίσματος (P.FR/EX), σκόνη εκχυλίσματος (P.EX) και μίγμα σκόνης φρούτου και σκόνης εκχυλίσματος (P.FR/P.EX). Τα εκχυλίσματα φρούτου παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας ως διαλύτη μίγμα αιθανόλης/νερού. Επίσης, έγινε εμπλουτισμός χρησιμοποιώντας όλα τα προαναφερθέντα εκχυλίσματα/σκόνες φρούτου και επιπλέον το αντίστοιχο ξηρό φρούτο ως έχει. Η κάθε παρασκευή αρτοσκευάσματος έγινε χρησιμοποιώντας 2 μέσα διόγκωσης: μαγιά (YS) και μπέικιν πάουντερ (BP). Παράλληλα παρασκευάστηκαν μάρτυρες, χωρίς εμπλουτισμό. Ο εμπλουτισμός αρτοποιημάτων επηρέασε τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τόσο στα ζυμάρια όσο και στο ψημένο προϊόν. Αξιολόγηθηκαν χρωματομετρικές και φυσικοχημικές παράμετροι. Ως προς την ερυθρότητα, στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρξε συσχέτιση εκχυλίσματος και αυξημένης ερυθρότητας στο κεράσι και βύσσινο και στους δύο διογκωτικούς παράγοντες. Πιο έντονη ερυθρότητα παρουσίασαν τα δείγματα που δημιουργήθηκαν με συνδυασμό εκχυλίσματος και σκόνης φρούτου ανεξάρτητα από το διογκωτικό παράγοντα. Ο παράγοντας b* μειώθηκε με την παρουσία εκχυλίσματος τόσο στο ζυμάρι όσο και στο τελικό προϊόν και για τα τρία φρούτα. Η ενεργότητα ύδατος μειώθηκε τόσο στο ζυμάρι όσο και στο τελικό προϊόν για τα δείγματα που περιείχαν εκχύλισμα μόνα τους ή σε συνδυασμό με σκόνη φρούτου λόγω της παρουσίας αιθανόλης. Σε όλα τα φρούτα ο εμπλουτισμός με σκόνη φρούτου συνδέθηκε με αυξημένη συγκράτηση νερού. Σε όλα τα δείγματα η μειωμένη υγρασία επηρέασε τη φωτεινότητα του ζυμαριού και του τελικού προϊόντος δίνοντας χαμηλότερες τιμές ανεξάρτητα με το μέσο εμπλουτισμού. Για τα δείγματα που περιείχαν κομμάτια αποξηραμένου φρούτου παρατηρήθηκε μικρότερη μείωση του ποσοστού υγρασίας στο τελικό προϊόν λόγω φαινομένων ώσμωσης ή μεταφοράς υγρασίας από το ζυμάρι στο ξηρό φρούτο. Η παρουσία εκχυλίσματος ως μέσου εμπλουτισμού λειτούργησε ανασταλτικά στη ν ανάπτυξη των μικροοργανισμών της μαγιάς με αποτέλεσμα τη μηδενική αύξηση του όγκου των δειγμάτων. Η παρουσία χημικών διογκωτικών μέσω έδειξε να μην επηρεάζεται από την παρουσία της αιθανόλης με αποτέλεσμα να δώσει να δώσει ικανοποιητική διόγκωση Το ποσοστό της διόγκωσης επηρέασε τη φωτεινότητα των δειγμάτων για τα δείγματα με το ίδιο μέσο εμπλουτισμού.

Λέξεις κλειδιά: αρτοσκευάσματα, πολυφαινόλες, εμπλουτισμός, αποξηραμένα φρούτα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ

In this work, bakery models were prepared after enrichment with bioactive microcomponents from fruits. Three fruits were used: grape, cherry and sour cherry. The enriched pastries were prepared using: fruit extract (EX), fruit powder (P.FR), fruit powder and extract mixture (P.FR/EX), extract powder (P.EX) and fruit powder and extract powder mixture (P. FR/P.EX). Fruit extracts were prepared using an ethanol/water mixture as solvent. Also, enrichment was done using all the aforementioned fruit extracts/powders and in addition the corresponding dry fruit as it is. Each pastry preparation was made using two leavening agents: yeast (YS) and baking powder (BP). At the same time, controls without enrichment were prepared.Bakery enrichment affected the physicochemical properties and organoleptic characteristics of both the dough and the baked product.Colorimetric and physicochemical parameters were evaluated. Regarding redness, in most cases there was an association of extract and increased redness in cherry and sour cherry in both bulking agents. The samples created with a combination of extract and fruit powder showed a more intense redness, regardless of the swelling agent. The b* factor decreased with the presence of extract in both the dough and the final product for all three fruits. The water activity decreased in both the dough and the final product for the samples containing extract alone or in combination with fruit powder due to the presence of ethanol. In all fruits, fruit powder enrichment was associated with increased water retention. In all samples the reduced moisture affected the brightness of the dough and the final product giving lower values regardless of the enrichment medium. For the samples that contained pieces of dried fruit, a smaller decrease in the percentage of moisture in the final product was observed due to osmosis or moisture transfer phenomena from the dough to the dried fruit. The presence of extract as an enrichment medium inhibited the growth of the yeast microorganisms resulting in zero increase in the volume of the samples. The presence of chemical bulking agents was shown not to be affected by the presence of ethanol resulting in satisfactory swelling. The percentage of swelling affected the brightness of the samples in the samples with the same enrichment medium.

Key words: bakery products, polyphenols, enrichment, dried fruits

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.1. Δομή φλαβονοειδών.....27
Εικ.2. Konica Minolta CM-5 Spectrophotometer.....41

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίν.1: Συνδυασμοί Εμπλουτισμού Αρτοποιημάτων 39

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχ.1: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό 43
Σχ.2: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 44
Σχ.3: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 45
Σχ.4: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 45
Σχ.5: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 46
Σχ.6: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 46
Σχ.7: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 46
Σχ.8: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 47
Σχ.9: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 47
Σχ.10: Τιμές παραμέτρου b*για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 48
Σχ.11: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 48
Σχ.12: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 49
Σχ.13: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 49
Σχ.14: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 50
Σχ.15: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 50
Σχ.16: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 51
Σχ.17: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 51
Σχ.18: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 52
Σχ.19: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 53
Σχ.20: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 53
Σχ.59: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 54
Σχ.60: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 54

Σχ.61: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. R Square=0,982 54
Σχ.62: L με προσθήκη ξηρού φρούτου. Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 55
Σχ.63:. Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 56
Σχ.64: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 56
Σχ.65: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 57
Σχ.66: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 57
Σχ.67:. Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 58
Σχ.68: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 58
Σχ.69: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 59
Σχ.70: . Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 59
Σχ.71:. Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό 60
Σχ.72: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 60
Σχ.73: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 61
Σχ.74:. Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 61
Σχ.117 Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 62
Σχ.118: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 62
Σχ.119: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 63
Σχ.120: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 63
Σχ.121 Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 64
Σχ.122: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 64
Σχ.123: Τιμές παραμέτρου a* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 64
Σχ.124: Τιμές παραμέτρου α* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 65
Σχ.125: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 66
Σχ.126: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 66

Σχ.127: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 67
Σχ.128: Τιμές παραμέτρου b* για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό 67
Σχ.129: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 68
Σχ.130: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 68
Σχ.131: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 69
Σχ.132: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. 69

Συντομογραφίες

YS: μαγιά

BP: μπέικιν

B: μάρτυρας

EX: εκχύλισμα

P.FR: σκόνη φρούτου

P.FR/EX: σκόνη φρούτου/εκχύλισμα

P.EX: σκόνη εκχυλίσματος

P.FR/P.EX: σκόνη φρούτου/ σκόνη εκχυλίσματος

1. Θεωρητικό Μέρος

1.1 ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ

Οι τελευταίες δεκαετίες σηματοδότησαν ένα διαφορετικό τρόπο ζωής και την απαρχή υιοθέτησης μιας σειράς λανθασμένων προτύπων διατροφής. Οι αλλαγές αυτές οδήγησαν στην εμφάνιση ασθενειών όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, καρκίνος, μεταβολικά νοσήματα όπως παχυσαρκία, διαβήτης, δυσλιπιδιαιμία. Η διατροφική πρόσληψη υψηλή σε θερμίδες, επεξεργασμένα τρόφιμα, κορεσμένο λίπος, κρέας που σχετίζεται με την εμφάνιση των ασθενειών αυτών, υπερτερεί εκείνη των φρούτων, λαχανικών και δημητριακών ολικής άλεσης. Γι' αυτό το λόγο, οι διατροφικές συστάσεις προτρέπουν την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών τα οποία έχουν αποδειχθεί ότι ωφελούν την υγεία χάρη στα βιοενεργά συστατικά όπως οι βιταμίνες, τα μέταλλα και τις μη θρεπτικές βιοδραστικές ενώσεις όπως οι πολυφαινόλες. (Perez-Gregorio, Soares, Mateus, & de Freitas, 2020)

Με την σειρά της, η ευρέως γνωστή μεσογειακή διατροφή χαρακτηρίζεται για την πλούσια περιεκτικότητα της σε φρούτα, λαχανικά, όσπρια, ξηρούς καρπούς και δημητριακά με μέτρια πρόσληψη κόκκινου κρασιού και μειωμένη κατανάλωση κρέατος και γαλακτοκομικών με κύρια κατανάλωση ελαίου, το ελαιόλαδο. (Stromsnes, Mas-Bargues, Gambini, & Gimeno-Mallench, 2020). Η δίαιτα αυτή αποτελεί πολύ καλή πηγή φυτικών ινών, πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, που συνδέονται με αντιαθηρογόνες, αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, και βιοδραστικών ενώσεων με αντιοξειδωτικές ιδιότητες όπως οι πολυφαινόλες, τα φλαβονοειδή, και τα τερπένια. Η Μεσογειακή δίαιτα ,από την πλευρά της, δίνει συνεχώς νέα επιστημονικά στοιχεία σχετικά με την επίδραση και τα οφέλη της. (Garcia-Montero et al., 2021)

Με βάση τις συστάσεις η κατανάλωση λαχανικών θα πρέπει να ανέρχεται σε δύο ή περισσότερες μερίδες την ημέρα, σε ωμή μορφή ενώ η κατανάλωση τους να γίνεται τουλάχιστον σε ένα από τα δύο κύρια γεύματα. Τα φρούτα συστήνονται να καταναλωθούν ως η επικρατέστερη μορφή επιδορπίου, με μία έως δύο μερίδες ανά γεύμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κατανάλωση μεγάλης ποικιλίας λαχανικών και φρούτων που έχει ως στόχο την διασφάλιση της πρόσληψης ενός ευρέος φάσματος μικροθρεπτικών συστατικών και φυτοχημικών.(Serra-Majem et al., 2020)

Η προσκόλληση στη δίαιτα αυτή έχει αποδειχθεί ότι οδηγεί σε χαμηλότερη συχνότητα παχυσαρκίας, αντίστασης στην ινσουλίνη, ενδοθηλιακής δυσλειτουργίας και καρδιαγγειακών παθήσεων λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων των φυτικών τροφίμων και της χαμηλής πρόσληψης κορεσμένων λιπαρών. (Stromsnes et al., 2020) Ομοίως, συμβάλλει στη διατήρηση του ανοσοποιητικού μέσω της πλούσιας περιεκτικότητας σε μικροθρεπτικά συστατικά καλύπτοντας όλες τις απαιτούμενες ανάγκες. Το ανοσοποιητικό σύστημα απαιτεί την συνεργασία διάφορων ουσιών για να εκτελέσει σωστά τις λειτουργίες του, ενώ ανάλογα την κατάσταση της υγείας του ατόμου, ορισμένες από αυτές απαιτούνται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. (Garcia-Montero et al., 2021)

Κατά τη διάρκεια της τρέχουσας πανδημίας SARS-CoV-2/COVID-19, η υιοθέτηση διατροφικών συνηθειών για την κάλυψη των αντιοξειδωτικών για τη διατήρηση του ανοσοποιητικού συστήματος κρίνεται σημαντική. Η μεσογειακή διατροφή παρέχει όλες τις

απαραίτητες βιταμίνες, μέταλλα και φαινολικές ενώσεις που απαιτούνται για την ενεργοποίηση ενζυματικών και μη ενζυματικών αντιοξειδωτικών αποκρίσεων. Και αυτό, γιατί, οι ιογενείς λοιμώξεις όπως η τρέχουσα COVID-19 χαρακτηρίζονται έντονα από υψηλό οξειδωτικό στρες και συνεπάγεται υψηλή οξειδωτική βλάβη που προκαλείται τόσο από τη μόλυνση όσο και από το κοινωνικό στρες που προκύπτει στους πληθυσμούς, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα και τη σοβαρότητα της μόλυνσης. (Trujillo-Mayol et al., 2021)

Σε μελέτη, για έναν υγιεινό τρόπο ζωής σε νεαρούς ενήλικες, συγκεκριμένα η Μεσογειακή δίαιτα μπορεί να προσφέρει την απαιτούμενη ποσότητα αντιοξειδωτικών την ημέρα. Αρχικά, η κάλυψη που δίνεται, ανέρχεται για τις βιταμίνες D (0,3–3,8 μg), E (17,0 mg), C (137,2–269,8 mg), A (1273,3 μg), B-12 (1,5–2,0 μg) το φυλλικό οξύ (455,1–561,3 μg), τα μέταλλα Se (120,0 μg), Zn (11,0 mg), Fe (15,0–18,8 mg) Mn (5,2–12,5 mg), και τις πολυφαινόλες (1171,00 mg) , ποσότητες που απαιτούνται για τη διατήρηση μιας ενεργούς ανοσολογικής απόκρισης. Ωστόσο, η βιταμίνη D (20 μg/ημέρα) δεν καλύπτεται πλήρως. Ως εκ τούτου, οι ευάλωτοι πληθυσμοί όπως οι ηλικιωμένοι και τα παχύσαρκα άτομα θα μπορούσαν να ωφεληθούν από τα αντιοξειδωτικά συμπληρώματα για τη βελτίωση της αντιοξειδωτικής τους απόκρισης. Αν και τα στοιχεία παραμένουν ελάχιστα, υπάρχουν ενδείξεις ότι μια υγιεινή διατροφή, μαζί με τη συμπληρωματική πρόσληψη αντιοξειδωτικών, είναι ευεργετική για τους ασθενείς με COVID-19. (Trujillo-Mayol et al., 2021)

Οι πολυφαινόλες, είναι διαδεδομένες στη διατροφή και θεωρούνται, εν μέρει, υπεύθυνες για τις προστατευτικές επιδράσεις στην υγεία της διατροφής πλούσιας σε φρούτα και λαχανικά. Η διαιτητική πρόσληψη πολυφαινολών , ανάλογα με τον πληθυσμό-στόχο και την περιοχή, κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος ενώ εκτιμάται από μερικές εκατοντάδες mg/ημέρα έως περισσότερα από 1800 mg/ημέρα. Οι σημαντικότερες φαινόλες που καταναλώνονται είναι οι εστέρες υδροξυκινναμωμικού οξέος, συγκεκριμένα τα καφεοϋλοκινικά οξέα και οι προανθοκυανιδίνες ενώ στη συνέχεια σε σειρά έρχονται οι ανθοκυανίνες και οι φλαβονόλες. Οι διατροφικές συνήθειες διαφέρουν ανάλογα με την χώρα και την πληθυσμιακή ομάδα, έτσι επηρεάζεται και η ισορροπία μεταξύ των φαινολικού οξέος και των φλαβονοειδών. Στις Μεσογειακές χώρες κυριαρχούν τα φλαβονοειδή ενώ στις μη μεσογειακές τα φαινολικά οξέα. (Santos-Buelga, Gonzalez-Manzano, & Gonzalez-Paramas, 2021)

Η πρόσληψη των κύριων πηγών τροφίμων που περιέχουν πολυφαινόλες εξαρτάται τόσο από το διατροφικό πρότυπο αλλά και τη διαθεσιμότητα των τροφίμων κάθε περιοχής. Στην περίπτωση των μεσογειακών χωρών, η European Prospective Investigation into Cancer (EPIC) σε κοόρτη για τη διατροφή περιέγραψε τις διαφορές μεταξύ της πρόσληψης πολυφαινολών των ευρωπαϊκών χωρών. Είναι ενδιαφέρον να τονιστεί ότι οι μεσογειακές χώρες (συμπεριλαμβανομένης της Ισπανίας, της Ελλάδας, της Ιταλίας και της νότιας Γαλλίας) παρουσίασαν τη χαμηλότερη πρόσληψη ολικών πολυφαινολών, περίπου 1011 mg/ημέρα, σε σύγκριση με τις μη μεσογειακές χώρες 1284 mg/ημέρα και το Ηνωμένο Βασίλειο 1521 mg/ημέρα. Παρόλο που συμβαίνει αυτή η διαφορά στη πρόσληψη, το προφίλ των υποκατηγοριών πολυφαινολών ήταν διαφορετικά κατανεμημένο. Στις μεσογειακές χώρες παρατηρείται υψηλότερη πρόσληψη στιλβενίων και φλαβονοειδών που αποτελεί το 49–62% των συνολικών πολυφαινολών, ενώ ακολουθούν τα φαινολικά οξέα σε ποσοστό 34–44%. Όσον αφορά τις κύριες πηγές τροφίμων, οι πολυφαινόλες στις μεσογειακές χώρες προέρχονται κυρίως από τον καφέ, τα φρούτα που αποτελεί την κύρια πηγή φλαβονοειδών και αντιπροσωπεύουν το 45% της πρόσληψης, το κρασί και τα φυτικά

έλαια. Αντίθετα, στις μη μεσογειακές χώρες, οι πολυφαινόλες προέρχονται κυρίως από τον καφέ, το τσάι και το κρασί σε ποσοστά που ανέρχονται σε 40,9%, 17,4% και 4,6% των συνολικών πολυφαινολών, αντίστοιχα. Στην περίπτωση αυτή, υπερέχουν τα φαινολικά οξέα σε σχέση με τα φλαβονοειδή. (Castro-Barquero, Lamuela-Raventos, Domenech, & Estruch, 2018)

Από την άλλη, η κοόρτη MEAL πραγματοποιήθηκε σε πληθυσμό στην Ιταλία σε δείγμα 1937 ατόμων. Η μέση πρόσληψη πολυφαινολών ήταν 663,7 mg/ημέρα. Οι κύριες ομάδες πολυφαινολών που καταναλώθηκαν ήταν τα φαινολικά οξέα που φαίνεται να υπερτερεί με μέση ποσότητα 362,7 mg/ημέρα αποτελώντας το 54,6% της συνολικής πρόσληψης και τα φλαβονοειδή με 258,7 mg/ημέρα, το οποίο αντιπροσωπεύει το 38,9% της συνολικής πρόσληψης. Οι κύριες πηγές τροφών κατανάλωσης των πολυφαινολών ήταν οι ξηροί καρποί, οι οποίοι αντιπροσώπευαν το 28% της συνολικής πρόσληψης πολυφαινόλης, ενώ ακολούθως ο καφές (7%), τα κεράσια (7%), το κόκκινο κρασί (6%) και το τσάι (5%). Οι ξηροί καρποί και ο καφές ήταν κύριες πηγές φαινολικών οξέων. Οι κύριες πηγές φλαβονοειδών ήταν οι ακόλουθες: (i) για τις ανθοκυανίνες ήταν τα φρούτα, κυρίως κεράσια, αλλά και φράουλες, για τις φλαβονόλες τα μήλα και για τις φλαβανόνες οι χυμοί πορτοκαλιού/εσπεριδοειδών. ii) ως πηγή φλαβανολών ήταν τα τσάγια, εκείνα των φρούτων, του πράσινου και του κανονικού τσαγιού iii) για τις φλαβανόλες ήταν το κόκκινο κρασί και η σοκολάτα iv) ενώ ως πηγή για τις φλαβονόλες, τα λαχανικά, όπως το σπανάκι και τα φασόλια και για τις φλαβόνες οι αγκινάρες και οι μαύρες ελιές. (Godos, Marventano, Mistretta, Galvano, & Grosso, 2017)

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας η παραγωγή φρούτων το 2019 ήταν 883,42 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι. Οι κύριοι παραγωγοί φρούτων φαίνεται να ήταν η Κίνα που πρωτοστατεί με 246,62 mmt, στην συνέχεια η Ινδία με 104,17 mmt,και έπονται η Βραζιλία με 40,1 mmt, οι ΗΠΑ 25,3 με mmt, το Μεξικό με 23,68 mmt, η Τουρκία 23,31 mmt, η Ινδονησία 21,45 mmt, η Ισπανία 18,32 mmt. Τα κοινά φρούτα όπως τα εσπεριδοειδή, μήλο και μπανάνα, καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής. Σε λιγότερες ποσότητες παραγωγής ακολουθούν : φράουλα 8,89 mmt,κεράσια 2,6 mmt, βύσσινο 1,41 mmt blueberry 0,68 mmt, raspberry 0,82 mmt, σταφίδα 0,18 mmt.

Η κατανάλωση μούρων αποτελεί μέρος των καθημερινών διατροφικών συνηθειών σε πολλές χώρες όπως στις Σκανδιναβικές, στον Καναδά, στις ΗΠΑ, στη Ρωσία και σε πολλές άλλες χώρες της ΕΕ. Η παγκόσμια αγορά των μούρων αναμένεται να αυξηθεί κατά προσέγγιση 2% κατά την περίοδο 2020-2025. (Pap et al., 2021)

Με βάση την εκτίμηση του FAO, 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι τροφίμων χάνονται παγκοσμίως κάθε χρόνο. Η απώλεια αυτή ισοδυναμεί περίπου με το ένα τρίτο της ετήσιας παραγωγής για ανθρώπινη κατανάλωση. Συγκεκριμένα, για τα φρούτα και τα λαχανικά, η απώλεια και τα απόβλητα στις βιομηχανίες ανέρχονται στο 60% της συνολικής παραγωγής. Ενδιαφέρον αποτελεί το ποσοστό των απώλειών των συνολικών επεξεργασμένων πρώτων υλών που κυμαίνεται μεταξύ 3% και 50% . Όπως ανέφερε ο FAO, οι απώλειες τροφίμων ανέρχονται σε 310 δισεκατομμύρια δολάρια στις αναπτυσσόμενες χώρες και 680 δισεκατομμύρια δολάρια αντίστοιχα στις βιομηχανικές χώρες. Σε ποσοστό 40-50% ανέρχονται τα απόβλητα ριζικών

καλλιεργειών, φρούτων και λαχανικών. Με σκοπό, λοιπόν, την σωστή χρήση των φυσικών πόρων, η αξιοποίηση τους σε υποπροϊόντα έχει εξίσου μεγάλη σημασία για το περιβάλλον , τον εφοδιασμό του πληθυσμού και την παρασκευή θρεπτικών τροφίμων με οφέλη για την υγεία. Αυτό θα ενισχύσει ακόμη και την «βιοοικονομία» δηλαδή την μετάβαση από τη γραμμική σε μια κυκλική οικονομία. (Osorio, Flórez-López, & Grande-Tovar, 2021)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η απώλεια και η σπατάλη τροφίμων αντανακλούν με σημαντική απώλεια πόρων, όπως γη, νερό και ενέργεια. Αυτές οι εκμεταλλεύσεις οδηγούν σε μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου επιδρώντας σε μεγάλο βαθμό στην κλιματική αλλαγή. Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη για μετάβαση προς πιο βιώσιμα συστήματα τροφίμων. Στο πλαίσιο της Ατζέντας 2030 για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, τα κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών έθεσαν ως βασικό πυλώνα τη μείωση στο ήμισυ της κατά κεφαλήν παγκόσμιας σπατάλης τροφίμων. Για την επίτευξη αυτού υιοθέτησαν συγκεκριμένα μέτρα για τη μείωση των απωλειών τροφίμων. Για τις εναλλακτικές οδούς ,δόθηκε περισσότερο ενδιαφέρον και για την εκμετάλλευση των απορριπτόμενων τροφίμων ως πηγή βιοδραστικών ενώσεων. Λαμβάνοντας, λοιπόν, υπόψιν την πολύτιμη αυτή πηγή βιοδραστικών μορίων, όπως οι φαινολικές ενώσεις ,από τα απόβλητα της βιομηχανικής επεξεργασίας προϊόντων φυτικής προέλευσης, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στην εντονότερη χρήση τους ως ενισχυτικά τροφίμων ή ως θρεπτικά συστατικά.

Είναι γνωστό πως αυτά τα συστατικά πλέον παίζουν καθοριστικό ρόλο στην πρόληψη ασθενειών, όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο διαβήτης τύπου 2, ορισμένοι τύποι καρκίνου και οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες. Η πρόσληψη φαινολικών ενώσεων είναι ,επομένως, μέρος μιας υγιεινής διατροφής.

Πρόσφατα, δίνεται έμφαση στην ανάγκη δημιουργίας βιώσιμων συστημάτων τροφίμων υιοθετώντας πιο υγιεινές δίαιτες με σκοπό την προάσπιση της ανθρώπινης υγείας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Ο εμπλουτισμός των προϊόντων διατροφής αποτελεί μέρος της διατροφικής παράδοσης για πολλές περιοχές. Η χρήση αυτών των λειτουργικών συστατικών από απόβλητα αγροδιατροφικών πρώτων υλών είναι ένα βήμα για την κάλυψη αυτής της ανάγκης. (Melini, Melini, Luziatelli, & Ruzzi, 2020)

1.3 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΑΡΤΟΠΟΙΗΜΑΤΩΝ

Τα τελευταία χρόνια, οι επιλογές των καταναλωτών όταν αγοράζουν τρόφιμα έχουν αλλάξει, καθώς και οι νέες τάσεις στην αγορά τροφίμων βρίσκονται σε συνεχή ροή. Αυτό το ενδιαφέρον για την απόκτηση πιο υγιεινών τροφίμων έχει επικεντρωθεί στη χρήση λειτουργικών συστατικών που μεν είναι ασφαλή για χρήση αλλά και παρέχουν οφέλη για την υγεία και διατροφικά αποτελέσματα. (Dziki, Różyło, Gawlik-Dziki, & Świeca, 2014)

Ο εμπλουτισμός των τροφίμων έχει ως στόχο την προσθήκη βιταμινών και μετάλλων σε τρόφιμα που καταναλώνονται συχνά για να αυξηθεί η θρεπτική τους αξία. Είναι μια διαδικασία αποδεδειγμένη, ασφαλής και οικονομικά αποδοτική. Η βελτίωση της ποιότητας της δίαιτας, η πρόληψη και ο έλεγχος των ελλείψεων των μικροθρεπτικών συστατικών είναι ένας από τους στόχους.(Olson, Gavin-Smith, Ferraboschi, & Kraemer, 2021)

Από την άλλη το λειτουργικό τρόφιμο όπως ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2010), «είναι ένα τρόφιμο που επηρεάζει ευεργετικά μία ή περισσότερες λειτουργίες-στόχους στο

σώμα πέρα από τις επαρκείς διατροφικές επιδράσεις με ένα τρόπο που σχετίζεται είτε με βελτιωμένη κατάσταση υγείας και ευεξία ή/και μείωση του κινδύνου ασθένειας και καταναλώνεται ως μέρος ενός κανονικού διατροφικού μοτίβου».(Betoret & Rosell, 2020)

Ως μέσο ενίσχυσης το ψωμί είναι ένα καλό προϊόν για την παρασκευή εμπλουτισμένων τροφίμων, καθώς είναι ένα βασικό και προσιτό προϊόν διατροφής που καταναλώνεται καθημερινά σε όλο τον κόσμο. Η διαδικασία παρασκευής του είναι γνωστή και σχετικά φθηνή. Στην πραγματικότητα, τα δημητριακά και τα προϊόντα με βάση τα δημητριακά αποτελούν τις πρώτες προσπάθειες για εκστρατείες εμπλουτισμού όταν προσπαθούσαν να βρεθούν λύσεις σχετικά με ελλείψεις βιταμινών ή μετάλλων. Ένα ακόμα προτέρημα για το ψωμί είναι η καλή γεύση επιτρέποντας μεγάλη δυνατότητα παραγωγής πολλών εναλλακτικών προϊόντων που εξασφαλίζουν την ευχαρίστηση από πολλούς καταναλωτές. Συνεπώς, εξακολουθεί να είναι η κύρια επιλογή για την εισαγωγή κατάλληλου συστατικού που οδηγεί σε λειτουργικά τρόφιμα.

Στα προϊόντα άρτου, οι τάσεις εμπλουτισμού έχουν αλλάξει με την πάροδο των ετών, παράλληλα με τη βελτίωση της παραγωγής, των τεχνικών και την καλύτερη γνώση των βιοδραστικών ενώσεων (Betoret & Rosell, 2020). Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν ως ενισχυτικά μόνο βιταμίνες (βιταμίνη C, E και φολικό οξύ) και μέταλλα (ψευδάργυρος, ασβέστιο, σίδηρος). Αργότερα προστέθηκαν πιο συγκεκριμένα μικροθρεπτικά συστατικά όπως ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, φυτοστερόλες και αδιάλυτες ίνες. (Dziki et al., 2014) Στη συνέχεια, τα όσπρια θεωρήθηκαν ως καλό εναλλακτικό αφού είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και φυτικές ίνες και επίσης περιέχουν βιταμίνες και μέταλλα. Μερικά ακόμα παραδείγματα εμπλουτισμού του ψωμιού ήταν με λιναρόσπορο, λούπινο, φακές, σόγια, φάβα, chia, αμάρανθος, κινόα και φαγόπυρο. (Betoret & Rosell, 2020) Ενώ για την περαιτέρω ανάπτυξη νέων λειτουργικών τροφίμων, οι μελέτες θα πρέπει να εγγυώνται τα αισθητηριακά και διατροφικά χαρακτηριστικά των νέων προϊόντων(Martinez-Saez et al., 2017)

Η ανάγκη για κάλυψη των διατροφικών απαιτήσεων συγκεκριμένων ομάδων του πληθυσμού, όπως οι ηλικιωμένοι, μπορεί να ενδυναμωθεί με τη ανάπτυξη των λειτουργικών τροφίμων. Η παραγωγή τέτοιων τροφίμων έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον των καταναλωτών για την προάσπιση της υγείας τους, των βιομηχανιών, των κυβερνήσεων και των πανεπιστημίων. Από την άποψη της έρευνας, τα λειτουργικά τρόφιμα μπορεί να ικανοποιήσει τη ζήτηση που αναδύεται προωθώντας στην αγορά καινοτόμα προϊόντα (Betoret & Rosell, 2020)

Τα προϊόντα αρτοποιίας καταναλώνονται ευρέως σε όλο τον κόσμο. Ως εκ τούτου, ο εμπλουτισμός τους με βιταμίνες, μέταλλα, πολυφαινόλες και φυτικές ίνες θεωρείται αποτελεσματικός τρόπος παραγωγής τροφίμων υψηλής θρεπτικής αξίας. Η επίτευξη αυτού του στόχου είναι δυνατή με τη χρήση φρούτων και λαχανικών στη σύνθεση νέων προϊόντων διατροφής. Ο προστατευτικός ρόλος της κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών έναντι διαφόρων χρόνιων ασθενειών έχει αποδειχθεί σε αρκετές επιδημιολογικές μελέτες. Η περιεκτικότητα των φρούτων και λαχανικών με ίνες, μέταλλα, βιταμίνες, πολυφαινόλες ,είναι γνωστό ότι, προσδίδουν οφέλη στην υγεία. (Betoret & Rosell, 2020)

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, τα φρούτα και τα λαχανικά είναι αρκετά ευπαθή τρόφιμα. Είναι απαραίτητη, λοιπόν, η χρήση διάφορων μεθόδων συντήρησης για την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής τους συμβάλλοντας στη μείωση της σπατάλης των γεωργικών προϊόντων, του κόστους διάθεσης και του περιβαλλοντικού αντίκτυπου. Γι' αυτό, η παραγωγή μια σειρά τροφίμων με βάση τα φρούτα ή τα λαχανικά μπορεί να είναι

μια λειτουργική λύση περιορίζοντας και ρυθμίζοντας καλύτερα τις απώλειες. (Salehi & Aghajanzadeh, 2020)

Τα τελευταία χρόνια, η τάση για ενσωμάτωση φρούτων και λαχανικών στο ψωμί έχει αυξηθεί. Από τα φρούτα που χρησιμοποιούνται συνήθως, τα εσπεριδοειδή και τα μούρα διακρίθηκαν λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε ασκορβικό οξύ, φλαβονοειδή και ανθοκυανίνες, αντίστοιχα. Σε αρκετές μελέτες, οι ποσότητες των φρούτων και λαχανικών που ενσωματώθηκαν στο ψωμί παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση χωρίς να ακολουθείται κάποιο μοτίβο εμπλουτισμού. Η ποσότητα που εφαρμόστηκε συνήθως ήταν 10% ή παρόμοια ποσότητα. Συνήθως η επιλογή για την ενσωματωμένη ποσότητα εξαρτιόταν από τι τελικό προϊόν θέλουμε να παράγουμε, το είδος του συστατικού και τη μορφή ενσωμάτωσης. Το είδος των συστατικών που κυριάρχησε για ενσωμάτωση ήταν η σκόνη, αλλά και σε φρέσκια μορφή με την χρήση του πουρέ και τα υπόλοιπα σε υγρή μορφή, όπως χυμός ή ενυδατωμένη σκόνη. Τα προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο ήταν εκείνα με βάση το σιτάρι. Ωστόσο, να σημειωθεί πως οι συνθήκες ,κατά την διαδικασία, επιδρούν στη λειτουργικότητα των βιοδραστικών ενώσεων και πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν. Η παρασκευή ψωμιού είναι μια διαδικασία αρκετά απαιτητική. Επομένως, η προσθήκη συστατικών πλούσιων με βιοδραστικές ενώσεις , πιθανόν να επιδρά στη λειτουργικότητά στο τελικό προϊόν.

Οι λειτουργικές ιδιότητες του ψωμιού μπορούν να βελτιωθούν με την ενσωμάτωση σημαντικής ποσότητας βιοδραστικών ενώσεων μέσω της προσθήκης φρούτων και λαχανικών. Ένας καλός λόγος για να εστιάσουμε σε αυτή την τάση είναι ότι η κατανάλωση ολόκληρων τροφίμων μπορεί να προσφέρει υψηλότερα οφέλη από την κατανάλωση μιας συγκεκριμένης βιοδραστικής ένωσης. (Betoret & Rosell, 2020)

Οι μορφές εμπλουτισμού που χρησιμοποιούνται ευρέως στα φρούτα είναι τα ίδια ως πρώτη ύλη ή προϊόντα επεξεργασία τους όπως οι μαρμελάδες, ο πουρές, το ζελέ, τα αποξηραμένα φρούτα, τα κονσερβοποιημένα φρούτα, η σκόνη φρούτων, το έλαιο από σπόρους φρούτων, φλούδες φρούτων, ο χυμός ή το εκχύλισμα τους. (J. Ou, 2021)

1.3.1 Αποξηραμένα φρούτα

Η απαιτούμενη ανάγκη για περισσότερα προϊόντα με υψηλή θρεπτική αξία έχει οδηγήσει σε πολλές προσπάθειες προϊόντων αρτοποιίας με προσθήκη φρούτων και λαχανικών. Στη βιομηχανία αρτοποιίας γίνονται προσπάθειες για ενσωμάτωση συστατικών από φρούτα και λαχανικά που προσδίδουν μεγάλη βιωσιμότητα, η ανάγκη αυτή μπορεί να καλυφθεί μέσω των αποξηραμένων φρούτων και λαχανικών. Τα αποξηραμένα φρούτα ακολουθούν διαδικασίες αποξήρανσης αφαιρώντας την υγρασία του καρπού με φυσικό τρόπο είτε με τη χρήση μηχανημάτων. Η αποξήρανση διατηρεί τα φρούτα επιμηκύνοντας σε μεγάλο βαθμό τη διάρκεια ζωής τους. Ο τρόπος αυτός είναι ο κατάλληλος ιδιαίτερα όταν τα φρέσκα φρούτα δεν είναι διαθέσιμα ή είναι εκτός εποχής. Συχνά βλέπουμε την χρήση τους σε αρτοποιήματα όπως κέικ, μπισκότα, ψωμί και δημητριακά. (Cvetković, Filipčev, Bodroža-Solarov, Bardić, & Sakač, 2009)

Για παράδειγμα, η χρήση του αποξηραμένου υπολείμματος raspberry και blueberry στην παρασκευή μπισκότων είναι ένα παράδειγμα εμπλουτισμού. Το αποξηραμένο υπόλειμμα των φρούτων αυτών αν και αποτελεί υποπροϊόν της επεξεργασίας των φρούτων περιέχει

διαιτητικές ίνες στα μπισκότα περίπου 6 g/100 g που τα καθιστά προϊόντα υψηλών ινών.(Šarić & Dapčević-Hadnađev, 2019)

Η υψηλή διατροφική αξία των αποξηραμένων φρούτων διακρίνεται είτε βρίσκεται σε μορφή σκόνης είτε κομμένα σε κομμάτια. Τα αποξηραμένα φρούτα εμπλουτίζουν τα προϊόντα με μικροθρεπτικά όπως βιταμίνες, κάλιο, ασβέστιο, σίδηρο και διαιτητικές ίνες σε μεγάλο βαθμό. Το ποσοστό που συνήθως επιλέγεται να ενσωματωθεί είναι αντίστοιχα 10% για τα φρούτα σε σκόνη και 30% για τα αποξηραμένα φρούτα σε κομμάτια. Ο εμπλουτισμός σε τέτοιο βαθμό ενισχύει σε κάλιο και ασβέστιο μέχρι και 4 έως 25 φορές. Σε άλλες περιπτώσεις ,όπως στο cranberry, το σίδηρο στο ενισχυμένο ψωμί αυξάνεται 28% ενώ στο μήλο 240%. (Cvetković et al., 2009)

Η συμβολή των ενισχυμένων τροφίμων στην κάλυψη των ινών είναι αρκετά σημαντική, μολονότι, σύμφωνα με τις διατροφικές συστάσεις, η ημερήσια πρόσληψη πρέπει να ανέρχεται σε 14 g ινών/ 1000 θερμίδες, δηλαδή 25 g σε γυναίκες και 38 g σε άντρες.(Slavin, 2008) Η συνολική περιεκτικότητα σε ίνες με προσθήκη σπόρων, που αποτελούν ένα υποπροϊόν, από φράουλες ήταν κατά 51-147% υψηλότερο από το αντίστοιχο προϊόν ελέγχου και για την μαύρη σταφίδα έφτανε στο 82-190%. Οπότε φαίνεται πως μια περιεκτικότητα 7,38-8,69 g / 100 g σε ψωμιά αποτελεί μια σημαντική πηγή.(Korus et al., 2011)

Κάθε φρούτο έχει την δική του επεξεργασία αποξήρανσης για παράδειγμα τα φρούτα όπως τα σταφύλια, τα μούρα, τα βερίκοκα και τα δαμάσκηνα συχνά αποξηραίνονται ολόκληρος ο καρπός, ενώ τα μάνγκο, τα μήλα και τα ακτινίδια επεξεργάζονται κομμένα σε φέτες. Ένα επιπλέον θετικό με τα αποξηραμένα φρούτα είναι η αποθήκευση που μπορεί να πραγματοποιηθεί πολύ εύκολα ενώ η διαθεσιμότητα και αξιοποίηση τους γίνεται όλο το χρόνο. Διατροφικά θεωρούνται καλύτερα από τα αλμυρά σνακ ή εκείνα με προσθήκη ζάχαρης. Από την άλλη, η διαθεσιμότητα τους είναι εύκολη στα τοπικά καταστήματα και αγορές που προσφέρουν μια ποικιλία προϊόντων με αποξηραμένα φρούτα μαζί με καινοτόμα σνακ.(Shahidi & Ambigaipalan, 2015)

1.3.2 Κόκκινα Φρούτα

1.3.2.1 Σταφίδα

Η μαύρη σταφίδα είναι μικρά σκούρα μούρα από θάμνους που καλλιεργούνται εκτενώς στην Ευρώπη και καταναλώνονται σε μια ποικιλία διαφορετικών προϊόντων.(Harrison & Smith, 2016) Συγκεκριμένα, η κορινθιακή σταφίδα λαμβάνεται από σταφύλια των ποικιλιών Vitis Vinifera L.(Panagopoulou & Chiou, 2019) Η σταφίδα είναι πολύ πλούσια σε πολλά αντιοξειδωτικά, βιταμίνες, απαραίτητα λιπαρά οξέα και μέταλλα. Η μαύρη σταφίδα έχει μελετηθεί εκτενώς και είναι γνωστή για την υψηλή περιεκτικότητά της σε βιταμίνη C, GLA (γάμα-λινελαϊκό οξύ) και κάλιο. Έχει αποδειχθεί ότι έχουν διπλάσιο κάλιο από τις μπανάνες, τέσσερις φορές περισσότερη βιταμίνη C από τα πορτοκάλια και διακρίνεται τις πολύ υψηλές αντιοξειδωτικές ικανότητες με διπλάσια αντιοξειδωτικά από τα βατόμουρα. (Harrison & Smith, 2016) Συγκεκριμένα, στη ποικιλία Vitis Vinifera L. βρέθηκαν υψηλά ποσοστά σε κάλιο, μαγνήσιο, σίδηρο ενώ μέτριες ποσότητες σε νάτριο και ασβέστιο.(Uraku, 2015) Είναι πολύ ισχυρά αντιοξειδωτικά κυρίως λόγω της περιεκτικότητας σε ανθοκυανίνες , οι οποίες δίνουν στη σταφίδα και το χρώμα της. Μια μελέτη σχετικά με την αντιοξειδωτική

τους δράση στον προσδιορισμό FRAP αναδεικνύει τις μαύρες σταφίδες ως εκείνες με την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με τα βατόμουρα, τα σμέουρα και τα κόκκινα φραγκοστάφυλα (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

Ακόμη, οι ανθοκυανίνες της μαύρης σταφίδας αποδίδουν ένα σύνολο θεραπευτικών ιδιοτήτων. (Shahidi & Ambigaipalan, 2015) Φάνηκε πως οι σταφίδες βελτιώνουν τόσο την γλυκαιμία, την ινσουλιναιμία αλλά και τους παράγοντες κινδύνου για καρδιαγγειακή νόσο. (Anderson & Waters, 2013) ,ενώ τέτοιες ιδιότητες δίνουν και οι φυτικές ίνες της σταφίδας που φάνηκε από μελέτη του (Bell, 2011). Ανέδειξε τις προστατευτικές ιδιότητες της για μείωση κίνδυνου για καρδιαγγειακές παθήσεις, καρκίνου εντέρου, διαβήτη τύπου 2 βελτιώνοντας τη λειτουργία του εντέρου. Οι μαύρες σταφίδες ονομάστηκαν «υπερφρούτα» λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε ανθοκυανίνες προάγοντας την υγεία αποδίδοντας ανοσοτροποποιητικές, αντιμικροβιακές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις. Ενώ ακόμη, δρα ανασταλτικά στη λιποπρωτεΐνη χαμηλή πυκνότητας καθώς και συμβάλλει στη μείωση των καρδιαγγειακών παθήσεων (Nour, Stampar, Veberic, & Jakopic, 2013) Οι ανθοκυανίνες λειτουργούν ως αναστολείς των ενζύμων κυκλοοξυγενάση 1 και 2 μειώνοντας τη φλεγμονή στο σώμα. Ο χυμός του έχει φανεί ότι περιέχει προανθοκυανιδίνες, ανθοκυανίνες και τον πολυσακχαρίτη κασσία (CAPS), ο οποίος έχει μακροφάγο-διεγερτική δράση. (Harrison & Smith, 2016) Επιπλέον, υπάρχουν πολλά στοιχεία που υποδεικνύουν τις τεράστιες δυνατότητες για την πρόληψη του καρκίνου. Μετά από μελέτη εκχυλισμάτων από σταφίδες και σουλτανίνες ,υψηλής περιεκτικότητας σε φαινολικές ενώσεις, οι (Kountouri et al., 2013)ανέδειξαν τα αντικαρκινικά και αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα στα καρκινικά κύτταρα του παχέος εντέρου HT29. Τα εκχυλίσματα κατάφεραν να μειώσουν τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό αλλά και τα επίπεδα IL-8 ενώ σημειώθηκε ενεργοποίηση του NF-kappaB p65.

Η σταφίδα είναι πλούσια πηγή φαινολικών ενώσεων όπως ανθοκυανίνες, φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα και προανθοκυανιδίνες. Περιέχει συνολικά υψηλή περιεκτικότητα σε φαινόλες που φτάνει τα 821 mg/100 g φρούτου, εκ των οποίων οι ανθοκυανίνες ανέρχονται σε 592 mg/100 g . Το υψηλότερο ποσοστό σε παράγωγα δελφινιδίνης βρέθηκε στη σταφίδα (392 mg/100 g)(Rothwell et al., 2013). Έντεκα ανθοκυανίνες με βάση τη δελφινιδίνη, κυανιδίνη, μαλβιδίνη, πετουνιδίνη και πεονιδίνη ανιχνεύθηκαν στη μαύρη σταφίδα, με κύρια συστατικά τον 3-O-γλυκοζίτη δελφινιδίνης, τον 3-O-ρουτινοζίτη δελφινιδίνης και τον 3-O-ρουτινοζίτη κυανιδίνης. (Shahidi & Ambigaipalan, 2015) Ακόμη αποτελούν σημαντικές πηγές μιας μεγάλης ποικιλίας πολυφαινολών, κατεχινών, ρεσβερατρόλης και ισοφλαβονών. Ενώ, μεταξύ των φρούτων και των ξηρών καρπών, οι σταφίδες έχουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις δαϊσδεϊνη και γενιστεϊνη. (Anderson & Waters, 2013)

Το κεράσι είναι ένα φρούτο που ανήκει στο γένος Prunus της οικογένειας Rosaceae, με αρκετά είδη που διανέμονται στις βόρειες εύκρατες περιοχές. Τα δύο πιο κοινά είδη είναι το Prunus avium L., γνωστό ως «γλυκό κεράσι» και το Prunus cerasus L., γνωστό ως «βύσσινο». (Habauzit, Milenkovic, & Morand, 2014)Τα κεράσια πιστεύεται ότι είναι εγγενή στην Ευρώπη και τη δυτική Ασία και τώρα καλλιεργούνται εμπορικά σε περισσότερες από 40 χώρες παγκοσμίως, κυρίως σε εύκρατα κλίματα. (Kent, Hölzel, & Swarts, 2018)

1.3.2.2 Κεράσι

Το κεράσι αποτελεί πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών με σημαντική ποσότητα διαιτητικών ινών και βιοδραστικών ενώσεων με σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες.(Kent et al., 2018) Οι φαινόλες που περιλαμβάνει κυρίως είναι τα υδροξυκινναμωμικά οξέα, οι ανθοκυανίνες, οι φλαβονόλες (κερσετίνη, καμπφερόλη) και κατεχίνη, επικατεχίνη. Οι ανθοκυανίνες στο γλυκό κεράσι είναι γλυκοζίτες και ρουτινοζίτες της κυανιδίνης, της πελαργονιδίνης και της πεονιδίνης. Ο 3-Ο-ρουτινοζίτης κυανιδίνης είναι η κυρίαρχη ανθοκυανίνη σε ποσότητα 143,3 mg/100 g αντιπροσωπεύει το 84% της συνολικής ποσότητας ανθοκυανινών. (Rothwell et al., 2013) Τα κεράσια είναι ένα φρούτο πλούσιο σε φυτοχημικά. Η συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες των ακατέργαστων γλυκών κερασιών είναι κατά μέσο όρο 174,90 mg συνολικών πολυφαινολών ανά 100 g νωπού βάρους (εύρος 75–339 mg). Τα γλυκά κεράσια περιέχουν ακόμη αναλογία απλών σακχάρων (13 g/100 g) Τα γλυκά κεράσια περιέχουν επίσης μια σειρά βιταμινών, όπως βιταμίνη C, B, A, E, K, κάλιο και μελατονίνη.(Kent et al., 2018) Οι πολυφαινόλες, η μελατονίνη, τα καροτενοειδή και οι βιταμίνες Ε και C συμβάλλουν στις αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των κερασιών.(Kelley, Adkins, & Laugero, 2018)

1.3.2.3 Βύσσινο

Στο βύσσινο, το προφίλ της ανθοκυανίνης είναι ελαφρώς διαφορετικό. Τα βύσσινα τείνουν να περιέχουν υψηλότερα επίπεδα ολικών φαινολικών από τα γλυκά κεράσια. (Habauzit et al., 2014) Οι 3-Ο-γλυκοζυλο-ρουτινοζίτης κυανιδίνης, 3-Ο-σοφοροζίτης κυανιδίνης, 3-Ο-αραβινοσυλ-ρουτινοζίτης κυανιδίνης και 3-Ο-γεντιοβιοζίτης κυανιδίνης βρίσκονται στα βύσσινα αλλά όχι στα γλυκά κεράσια. Ο 3-Ο-γλυκοζυλο-ρουτινοζίτης κυανιδίνη σε ποσότητα 43,7 mg/100 g αντιπροσωπεύει το 80% των συνολικών ανθοκυανινών στο βύσσινο. (Rothwell et al., 2013) Από τους Bonerz, Würth, Dietrich και Will (2007) βρέθηκε πως η συνολική περιεκτικότητα φαινολικών ανέρχεται σε 2704 έως 4998 mg ισοδύναμο γαλλικού οξέος /kg. Οι ανθοκυανίνες, από την πλευρά τους, βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες. Ο 3-Η γλυκοζυλο-ρουτινοζίτης κυανιδίνης (361–515 mg/kg) είναι η κυρίαρχη ενώ ακολουθούν οι 3-ρουτινοζίτης κυανιδίνης- (125-213 mg/kg), 3-σοφοροζίτης κυανιδίνης- (37-185 mg/kg) και 3-ρουτινοζίτης πεονιδινης- (5- 15 mg/kg). Η όξινη γεύση τους τα καθιστά μη βρώσιμα σε μεγάλες ποσότητες άρα ο χυμός του βύσσινου αξιοποιείται σε μεγάλη ποσότητα οδηγώντας σε μια μεγάλη απώλεια υπολείμματος από την συγκεκριμένη διαδικασία σπαταλώντας μια πλούσια πηγή πολυφαινολών. (Cilek, Luca, Hasirci, Sahin, & Sumnu, 2012) Γι' αυτό το λόγο θεωρούνται κατάλληλα φρούτα εμπλουτισμού.

Τα βύσσινα περιέχουν αναλογία απλών σακχάρων (8 g/100 g). Τα απλά σάκχαρα προσφέρουν γλυκιά γεύση περιλαμβάνοντας κυρίως την γλυκόζη και φρουκτόζη ενώ η ξινή γεύση των γλυκών κερασιών αποδίδεται στην περιεκτικότητα σε μηλικό οξύ. (Kent et al., 2018)

1.3.3 Σκόνη φρούτου

Μετά τον τεμαχισμό των φρούτων και των λαχανικών, εφαρμόζονται διαδικασίες ξήρανσης με σκοπό την αφαίρεση μεγάλου ποσοστού της υγρασίας των φρέσκων αυτών τροφίμων αλλά και για την παραγωγή νέων προϊόντων διατροφής όπως σκόνη φρούτων και λαχανικών. Η σκόνη των αποξηραμένων φρούτων και λαχανικών είναι γνωστή ως καλή πηγή θρεπτικών συστατικών για τα προϊόντα αρτοποιίας. Στη βιομηχανία τροφίμων,

υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες για την ξήρανση των φρούτων και λαχανικών και η επιλογή του εφαρμοζόμενου συστήματος ξήρανσης έχει σχέση με την τελική περιεκτικότητα σε υγρασία, την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής της λαμβανόμενης σκόνης. (Salehi & Aghajanzadeh, 2020)

Η μορφή σκόνης είναι ένας συνήθης τρόπος εμπλουτισμού όπου η ενσωμάτωση σκόνης σε σκευάσματα ψωμιού αυξάνει την περιεκτικότητα σε μικροθρεπτικά συστατικά. Η ενίσχυση προϊόντων με σκόνη συνήθως κυμαίνεται σε ποσοστό 2% έως 50%. Η ενσωμάτωση σκόνης φρούτων και λαχανικών σε προϊόντα της αρτοποιίας έχουν και επιδράσεις στην λειτουργικότητα των ψωμιών. Αποδείχθηκε ότι η αρνητική επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να περιοριστεί αρκετά , ενισχύοντας σημαντικά τις φαινολικές ενώσεις και την αντιοξειδωτική δράση αλλά και τις ίνες , βιταμίνες και μέταλλα. Ωστόσο, η υψηλή ικανότητα απορρόφησης νερού από τις διαιτητικές ίνες επηρεάζει τη ρεολογία, την υφή, τον όγκο και την πυκνότητα της ζύμης.(J. Ou, 2021)

1.3.4 Εκχύλισμα

Στη βιομηχανία τροφίμων, τα βότανα, λαχανικά, φρούτα, δημητριακά αποτελούν την κύρια πηγή εξαγωγής φυσικών φαινολικών ουσιών, ενώ πολλά έχουν κυκλοφορήσει στο εμπόριο, όπως πράσινο τσάι, σπόροι σταφυλιού. (Dziki et al., 2014).

Ένας άλλος τρόπος ενίσχυσης του ψωμιού και γενικότερα των προϊόντων που απαιτεί τον σχηματισμό ζύμης είναι η χρήση υδατικού εκχυλίσματος αντιοξειδωτικών ως υποκατάστατο του νερού. Πολλά εκχυλίσματα που προέρχονται από τα φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη παραγωγή τροφίμων. (Baiano, Viggiani, Terracone, Romaniello, & Nobile, 2016)

Όλες οι μέθοδοι εκχύλισης που περιλαμβάνουν τη χρήση υδροαλκοολικών διαλυμάτων δεν είναι κατάλληλα να ενσωματωθούν σε τρόφιμα. Κι αυτό γιατί οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται ,όπως η μεθανόλη, αιθανόλη δεν είναι φιλικοί προς το περιβάλλον ενώ λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις μεθόδους πραγματοποιείται αποικοδόμηση των βιοδραστικών ενώσεων. Βέβαια, χρησιμοποιείται ευρέως ως μέθοδος επειδή επιτρέπεται η εξάτμιση του διαλύτη αφού η εκχύλιση πραγματοποιείται σε ανοικτό δοχείο.(Rodríguez De Luna, Ramírez-Garza, & Serna Saldívar, 2020) Μια πιο ελπιδοφόρα μέθοδος είναι αυτή της εκχύλισης με τη βοήθεια μικροκυμάτων χρησιμοποιώντας νερό ως διαλύτη. Η μέθοδος αυτή μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ως πρώτη ύλη για το εκχύλισμα θα μπορούσε να αποτελέσουν τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά ή φρούτα που είναι μια πλούσια και φθηνή πηγή αντιοξειδωτικών.

Έχει φανεί πως η αύξηση των στερεών αποβλήτων λόγω της συνεχόμενης αυξανόμενης ζήτησης για μεταποιημένα φυτικά προϊόντα ενδυναμώνει την ιδέα αξιοποίησης των απορριμμάτων και την παραγωγή λειτουργικού ψωμιού με την αντικατάσταση του νερού με υδατικά εκχυλίσματα στερεών αποβλήτων. (Baiano et al., 2016)

1.4 ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ - ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Οι πολυφαινόλες αποτελούν μια σημαντική υποκατηγορία των φυτοχημικών προσελκύοντας την προσοχή και το ενδιαφέρον πολλών ερευνών εξαιτίας της ευρείας επίδρασης τους σε διάφορες ασθένειες.(de Lourdes Reis Giada, 2013)Το πιο κοινό διακριτό χαρακτηριστικό τους είναι η έντονη αντιοξειδωτική δράση ενώ διαθέτουν ένα πλήθος βιολογικών δράσεων με αντιφλεγμονώδεις, αντιϊκές, αντικαρκινικές επιδράσεις, και ακόμη έχει βρεθεί ότι συμβάλλουν στη πρόληψη νευρολογικών, καρδιολογικών και εντερικών νόσων, διαβήτη, νόσο Alzheimer και στη βελτίωση της μνήμης και των γνωσιακών λειτουργιών. (J. Ou, Wang, Zheng, & Ou, 2019).

Οι φαινόλες κατανέμονται ευρύτατα στα φυτά αλλά και στα προϊόντα αυτών ενώ ο αριθμός των ενώσεων αυτών ανέρχεται πάνω από 8000 (Tsao, 2010)καθιστώντας τες μια από τις πιο πολυάριθμες και ευρέως διανεμημένες ομάδες ενώσεων στο δευτερογενή μεταβολισμό των φυτών. (de Lourdes Reis Giada, 2013). Οι φαινολικές ενώσεις ως δευτερογενείς μεταβολίτες είναι απαραίτητες για την επιβίωση του φυτών και προκύπτουν από τα εξής μεταβολικά μονοπάτια, εκείνο του σικιμικού οξέος, της φωσφορικής πεντόζης και των φαινυλοπρανοειδών. Η παρουσία τους στα φυτά, προσθέτει κάποιες επιπλέον λειτουργίες στα φυτά όπως τη διασπορά των σπόρων προσελκύοντας επικονιαστές και ζώα, την προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, φυτοφάγα ζώα και παθογόνους και περιβαλλοντικές καταπονήσεις και το σχηματισμό οζιδίων στις ρίζες ως μόρια σηματοδότες, ενώ συμβάλλουν στην ανάπτυξη του ίδιου του φυτού αλλά και σε αισθητικές ιδιότητες όπως το χρώμα, άρωμα, γεύση και σκληρότητα των φρούτων και των λαχανικών. (de Lourdes Reis Giada, 2013; Del Rio et al., 2013; J. Ou et al., 2019)

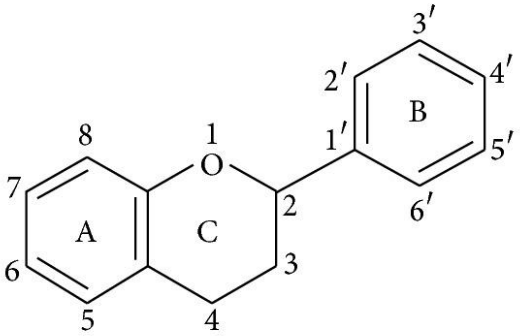
Δομικά, οι πολυφαινόλες είναι ετερογενείς οργανικές ενώσεις που διαθέτουν ένα τουλάχιστον βενζοϊκό δακτύλιο πάνω στον οποίο κατανέμονται ένας η περισσότεροι υδροξυλικοί υποκατάστατές .(Del Rio et al., 2013) Βρίσκονται στη φύση ως απλές φαινολικές ενώσεις ή συνδέονται με ένα πλήθος ετερογενών υποκαταστατών σχηματίζοντας υψηλού πολυμερισμού ενώσεις. Συναντώνται σε δυο μορφές είτε ως ελεύθερα μόρια η οποία είναι λιγότερο κοινή αλλά τοξική είτε συνδεδεμένα με σάκχαρα (μονο- και πολυσακχαρίτες), πρωτεΐνες, εστέρες και μεθυλεστέρες. Η διαφορετική σύνδεση των υποκαταστατών γλυκοζυλίωσης με τα φλαβονοεδή προσθέτει καινούργιες ιδιότητες όπως εκείνη με τις ανθοκυανίνες που δίνει χρώμα και χρωματική διαβάθμιση των λουλουδιών. (de Lourdes Reis Giada, 2013)

Η ταξινόμηση των φαινολικών ενώσεων γίνεται με βάση την δομή και διακρίνεται σε δύο βασικές ομάδες τα φλαβονοειδή και τα μη φλαβονοειδή.

Τα φλαβονοειδή καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των φαινολικών ενώσεων και βρίσκονται κυρίως στα φρούτα, λαχανικά, τσάι και στα προϊόντα αυτών αποτελώντας ένα σημαντικό κομμάτι της δίαιτας ενώ είναι γνωστά για τις οργανοληπτικές και τεχνολογικές τους ιδιότητες. Ακόμη, δίνουν τα χαρακτηριστικά χρώματα στα φρούτα όπως το κόκκινο και μπλε χρώμα στα μούρα. (Brodowska, 2017)

Δομικά, ο σκελετός τους αποτελείται από 15 άτομα άνθρακα οι οποίοι συμβολίζονται με τον τύπο C6-C3-C6 και περιέχουν τους αρωματικούς δακτυλίους A και B οι οποίοι ενώνονται με μια αλυσίδα σύνδεσης που μπορεί να είναι είτε ετεροκυκλικός δακτύλιος πυρανίου ή πυρόνης (C) μέσω ενός οξυγόνου. (Del Rio et al., 2013; Nabavi et al., 2020) Από τον συνδυασμό των οδών του σικιμικού οξέος, από το οποίο παράγεται τα φαινυλοπρανοειδη, και της οδού οξικού οξέος προκύπτουν τα φλαβονοειδή. (Nabavi et al., 2020) Μέσω της οδού οξικού οξέος παράγεται ο δακτύλιος A από την μετατροπή μορίων μηλυνο-CoA σε

μόρια γλυκόζης ενώ κατά την οδό του σικιμικού από την φαινυλαλανίνη προκύπτει το 4-κουμαρυλο-CoA που δίνει τελικά το Β δακτύλιο. Από τον συνδυασμό των Α και Β παράγεται η χαλκόνη, το μόριο που προκύπτει όταν λείπει ο C δακτύλιος, και μέσω κυκλοποίησης και ισομερείωσης προκύπτει η φλαβανόνη, ο βασικός σκελετός των περισσότερων φλαβανοειδών. Η απλή μορφή του δακτυλίου C είναι η flavan ενώ ο βαθμός ακορεστότητας και οξείδωσης οδηγεί σε σχηματισμό πολλών διαφορετικών φαινολοειδών. (Khoo, Azlan, Tang, & Lim, 2017)



Εικ.1. Δομή φλαβονοειδών

Λόγω των διαφορών στη δομή οι φλαβονοειδή χωρίζονται σε φλαβόνες, φλαβονόλες, φλαβονο-3-όλες, ισοφλαβόνες,φλαβανόνες και ανθοκυανίνες. Ενώ ακομη, από τις παραπάνω κατηγορίες προκύπτουν διαφορετικές παραλλαγές λόγω διαφορετικού βαθμού υδροξυλίωσης, μεθυλίωσης, ακυλίωσης, γλυκοζυλίωσης των τριών δακτυλίων. (de Lourdes Reis Giada, 2013)

1.4.1 Αντιοξειδωτική Δράση

Όταν η αυξημένη παραγωγή ROS ή προοξειδωτικών δεν εξουδετερωθούν από τις φυσικές ενζυματικές και μη, άμυνες του οργανισμού τότε εμφανίζεται το οξειδωτικό στρες προκαλώντας καταστροφή σε μακρομόρια. Η αναγωγική δύναμη προερχόμενη από φαινολικές ενώσεις με τη μορφή υδρογόνου ή ηλεκτρονίων προσφέρεται σε ελεύθερες ρίζες και λειτουργούν ως αντιοξειδωτικά, δεσμεύοντας τες. (Vuolo, Lima, & Maróstica Junior, 2019)

Ακόμη οι φαινόλες έχουν την ικανότητα να δρούν ως χηλικοί υποκαταστάτες των ελεύθερων μετάλλων, ιδιαίτερα σιδήρου και χαλκού αναστέλλοντας την δημιουργία υψηλά δραστικών ριζών υδροξυλίου που προκαλούνται από τα μεταλλικά αυτά ιόντα. Η δομή των φαινολών σχετίζεται άμεσα με την ικανότητα δράσης τους ως χηλικοί υποκαταστάτες.(Vuolo et al., 2019) Είναι σε θέση μάλιστα να αναστείλουν μερικά ένζυμα όπως η οξειδάση NADH , τρανσφεράση της γλουταθειόνης, μιτοχονδριακή ηλεκτροξειδάση, μικροσωμική μονοοξυγονάση , τα οποία είναι πηγές για παραγωγή ROS. (Nabavi et al., 2020) Επιπλέον, αποτρέπουν την υπεροξείδωση των λιπιδίων αλλά και εκείνων που βρίσκονται στην μεμβράνη των κυττάρων.

Γενικά, οι φαινολικές ενώσεις ταξινομούνται ως πρωτογενή αντιοξειδωτικά τα οποία λειτουργούν κυρίως εκκαθαριστές ελευθέρων ριζών που καθυστερούν ή αναστέλλουν το στάδιο έναρξης ή διακόπτουν το στάδιο πολλαπλασιασμού της οξείδωσης των λιπιδίων,

μειώνοντας έτσι το σχηματισμό πτητικών προϊόντων αποσύνθεσης (π.χ. αλδεϋδες και κετόνες). Ακόμα παρέχουν προστασία από βλάβες για τα υπόλοιπα βιομόρια (νουκλεικά οξέα, σάκχαρα, πρωτεΐνες). (Heleno, Martins, Queiroz, & Ferreira, 2015)

Οι κύριες κατηγορίες των φαινολών με την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση είναι τα φλαβονοειδή, ταννίνες, φαινολικά οξέα, χαλκόνες και κουμαρίνες. Τα φυσικά αυτά αντιοξειδωτικά κινούν το επιστημονικό ενδιαφέρον λόγω των σημαντικών θετικών και προστατευτικών επιδράσεων στην υγεία έναντι των συνθετικών που προκαλούν τοξικότητα. Η χημική δομή των ενώσεων αυτών από την άλλη καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αντιοξειδωτική τους δράση. (de Lourdes Reis Giada, 2013) Από αυτές οι πιο διαδεδομένες αντιοξειδωτικές ενώσεις στα φυτικά τρόφιμα και ακολούθως στην δίαιτα των ατόμων αποτελούν τα φλαβονοειδή.

1.4.2 Πολυφαινόλες και επίδραση στην υγεία

Οι φαινολικές ενώσεις έχουν συσχετιστεί με την πρόληψη ή καθυστέρηση της εξέλιξης χρόνιων νοσημάτων όπως CVD, καρκίνος, απώλεια μνήμης, διαβήτης, καταρράκτης, φλεγμονές, εγκεφαλικό, νευρολογικά νοσήματα, μολύνσεις. Κι αυτό, γιατί λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης προστατεύουν τα κυτταρικά συστήματα από την βλάβη που προκαλείται από την οξείδωση.

Καρδιαγγειακή νόσος

Η καρδιαγγειακή νόσος έχει διάφορους παράγοντες κινδύνου όπως υπέρταση, υπερχοληστερολαιμία , φλεγμονή, κάπνισμα, καθιστική ζωή εκ των οποίων παρουσιάζεται και το οξειδωτικό στρες. Οι πολυφαινόλες από την πλευρά τους προσπαθούν να εμποδίσουν τους προφλεγμονώδεις παράγοντες να δράσουν στα μεταγραφικά συστήματα προστατεύοντας από την εμφάνιση χρόνιων νοσημάτων. Φαίνεται οι πολυφαινόλες να δρουν προστατευτικά στην εμφάνιση των στεφανιαίων ασθενειών. Ένας τέτοιος προστατευτικός μηχανισμός που πιθανόν να ευθύνεται κατά της αθηροσκλήρωσης είναι η εμφάνιση τους ως ισχυροί αναστολείς της οξείδωσης της LDL, η οποία οξείδωση ευθύνεται για την εμφάνιση καρδιαγγειακής νόσου και εμφράγματος του μυοκαρδίου. Οι φαινόλες ακόμα μπορούν να αναστείλουν την μεταλοπρωτεϊνάση 1 και τη διάσπαση της αθηρωματικής πλάκας, ακόμη ενισχύουν το πολλαπλασιασμό των λείων μυϊκών κυττάρων στο αρτηριακό τοίχωμα μειώνοντας την αθηρωματική βλάβη. Εμφανίζουν αντιθρομβωτική δράση και ακόμη βελτιώνουν την ενδοθηλιακή λειτουργία . Οι πολυφαινόλες του τσαγιού ιδιαίτερα μπορούν να βελτιώσουν την αρτηριακή πίεση μέσω της αντιοξειδωτικής δράσης τους.

Με βάση το γαλλικό παράδοξο, παρόλο , την υψηλή κατανάλωση λιπαρών και χρήση τσιγάρου η εμφάνιση καρδιαγγειακών νόσων είναι χαμηλή. Φαίνεται πως ρεσβερατρόλη που περιέχεται στο κόκκινο κρασί ευθύνεται για την αναστολή της οξείδωσης των LDL, αναστολή συσσώρευσης των αιμοπεταλίων, χαλάρωση των αρτηριακών αιμοφόρων αγγείων. Σε μελέτη βρέθηκε ο μειωμένος κίνδυνος εμφάνισης εμφράγματος του μυοκαρδίου με την κατανάλωση διάτας πλούσιας σε πολυφαινόλες(Duttaroy, 2021)

Ειδικότερα, οι φλαβον-3-όλες, ανθοκυανίνες, στιλβένια, φλαβονόλες έχουν μελετηθεί ξεχωριστά στα τρόφιμα που τις περιέχουν για τις επιδράσεις τους στα CVD ασκώντας θετική επίδραση σε πολλές παραμέτρους όπως αναστολή οξείδωσης LDL, ενδοθηλιακή λειτουργία, αρτηριακή πίεση, κίνδυνος εμφράγματος μυοκαρδίου. Για παράδειγμα, οι ανθοκυανίνες

μέσω μελετών φαίνεται ότι μειώνουν την οξείδωσης της LDL, την συστολική αρτηριακή πίεση, γλυκόζη νηστείας, HbA1c και δείκτη μάζα σώματος. Ενώ άλλες μελέτες έδειξαν την βελτίωση στη αγγειακή λειτουργία, μείωση στα τριγλυκερίδια ολική και LDL χοληστερόλη. Μια άλλη μετανάλυση που μελετούσε την επίδραση υψηλ κατανάλωσ σοκολάτας ,που περιέχει τις φλαβον-3-όλες, έδειξε χαμηλότερο κίνδυνο για καρδιαγγειακές νόσους, διαβήτη, εγκεφαλικό χωρίς επίδραση στην καρδιακή ανεπάρκεια.(Fraga, Croft, Kennedy, & Tomás-Barberán, 2019)

Διαβήτης τύπου 2

Οι πολυφαινολες, και ειδικότερα οι ανθοκυανίνες φαίνεται να σχετίζονται με την πρόληψη και με τη διαχείριση του διαβήτη τύπου 2. Οι βασικοί μηχανισμοί που παίρνουν μέρος αφορούν την προστασία των βήτα κυττάρων από την τοξικότητα της γλυκόζης. Ακόμη, επιβραδύνουν την πέψη του αμύλου και ρυθμίζουν την μεταφοράς της γλυκόζης , οδηγώντας σε καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο. (Cory, Passarelli, Szeto, Tamez, & Mattei, 2018)

Συγκεκριμένα, πολυφαινόλες όπως ταννίνες, επικατεχίνη, επογαλλοκατεχίνη, ισοφλαβόνες , μπορούν να μειώνουν την εντερική απορρόφηση γλυκόζης ενώ οι σαπωνίνες ακόμη συμβάλλουν στην μείωση του χρόνου μεταφοράς γλυκόζης στο λεπτό έντερο από το στομάχι οδηγώντας σε μια αναστολή της απορρόφησης της γλυκόζης επιδρώντας στην γλυκαιμία. (Duttaroy, 2021)

Από την άλλη η ρεσβερατρόλη έχει βρεθεί ότι βελτιώνει την ινσουλοευαισθησία και ομοιόσταση της γλυκόζης στα ποντίκια ενώ ακόμα εμποδίζει την ανάπτυξη διαβητικής νευροπάθειας και βελτιώνει την νεφρική λειτουργία. Η φαινόλη αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ακόμη και ως θεραπεία για το διαβήτη μειώνοντας την έκκριση ινσουλίνης και καθυστερώντας την απαρχή της ινσουλινοαντίστασης. (Duttaroy, 2021) .

Οι ανθοκυανίνες με την σειρά τους εμφανίζονται να επιδρούν θετικά μέσω της προστασίας των βήτα κυττάρων του παγκρέατος από την οξείδωση και φλεγμονή.(Duttaroy, 2021) Μια μετανάλυση έδειξε ότι μετά την πρόσληψη συμπληρώματος ανθοκυανινών από άτομα με προδιαβήτη ή πρώιμο διαβήτη μη θεραπευμένο εμφανίστηκαν θετικές επιδράσεις στον γλυκαιμικό έλεγχο αλλά και σε λιπιδικούς παραμέτρους. (Fraga et al., 2019)

Παχυσαρκία

Έχει φανεί οι επιδράσεις των πολυφαινολών στην παχυσαρκία είναι πολλαπλές με καταστολή της πρόσληψης τροφής, μειωμένη λιπογένεση, αυξημένη λιπόλυση, προλαμβάνει την οξείδωση των λιπαρών οξέων και αναστέλλει την εναπόθεση λίπους και της απόπτωσης μέσω διάφορων μηχανισμών. Για αυτούς του λόγους , οι πολυφαινόλες εμπλουτίζοντας τα τρόφιμα μπορούν να πάρουν μέρος στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας για μείωση βάρους και διατήρηση.

Οι μηχανισμοί μέσω των οποίων αναδύονται οι νέες ιδιότητες που καταπολεμούν την παχυσαρκία είτε συνεργηστικά είτε από μόνος του ο καθένας είναι η αναστολή των ενζύμων, διέγερση της ενεργειακής κατανάλωση, καταστολή της όρεξης, αναστολή της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων, ρύθμιση του μεταβολισμού του λίπους και ρύθμιση του εντερικού μικροβιώματος.

Πιο συγκεκριμένα ,ένας μηχανισμός που πραγματοποιείται παρουσία φαινολών οδηγεί σε μείωση της δραστηριότητας των ενζύμων αμυλάση, γλυκοσυδάση και λιπάση επηρεάζοντας τις αντίστοιχες οδούς δημιουργίας τριγλυκεριδίων που αποθηκεύονται ως εναποτεθέντα λιπώδη ιστό. (Singh, Thrimawithana, Shukla, & Adhikari, 2020). Σε μελέτες σε ζώα τα βατόμουρα, μια πλούσια πηγή ανθοκυανινών, μειώνουν την αύξηση βάρους προστατεύοντας από τη φλεγμονή και ρυθμίζοντας τις οδούς της παχυσαρκίας. (Cory et al., 2018)

Καρκίνος

Οι πολυφαινόλες χάρη στις αντιοξειδωτικές τους δράσεις μπορούν να αναστείλουν την κυτταρική ανάπτυξη προκαλώντας γήρανση ή κυτταρικό θάνατο μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Ενώ υπάρχουν ενδείξεις με προστατευτική επίδραση απέναντι σε συγκεκριμένους καρκίνους όπως εκείνοι του στόματος, στομάχου, δωδεκαδακτύλου, παχέος εντέρου, ήπατος και μαστού. (Cory et al., 2018; Duttaroy, 2021). Έχει προταθεί μια σειρά μηχανισμών δράσεις για τις πολυφαινόλες σχετικές με τον καρκίνο (Duttaroy, 2021) Διάφορες κλινικές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στο πώς οι πολυφαινόλες επηρεάζουν την βλάβη του DNA, η οποία έχει συσχετίστηκε με τον κίνδυνο καρκίνου.

Σε μία παρέμβαση έχει βρεθεί ότι ένα μίγμα από τρόφιμα πλούσια σε πολυφαινόλες προστατεύουν από βλάβη του DNA των λεμφοκυττάρων. Το μίγμα αυτό περιελάμβανε χυμό πλούσιο σε ανθοκυανίνες (700 ml χυμού κόκκινων μούρων/ημέρα, 4 εβδομάδες), χυμό κόκκινου πορτοκαλιού (300 ml/ημέρα, 3 εβδομάδες), μωβ πατάτα (150 g/ημέρα, 6 εβδομάδες) και ακτινίδιο (500 ml χυμός, 1 ημέρα). (Del Rio et al., 2013)

Νευρολογικό σύστημα

Οι πολυφαινόλες πιθανά εμφανίζουν προστατευτικές επιδράσεις σε νευροεκφυλιστικές ασθένειες, όπως της νόσου Alzheimer, Parkinson και Huntington. (Cory et al., 2018) Έχει βρεθεί ότι ασκούν νευροπροστατευτικούς και ανοσορυθμιστικές επιδράσεις ενώ κυρίαρχοι μηχανισμοί που λειτουργούν προστατευτικά είναι ο αντιοξειδωτικός και αντιφλεγμονώδης και ρυθμίζουν πολλά μονοπάτια σηματοδότησης. Οι δράσεις του EGCG, της κουρκουμίνης, της μυρικετίνης, των γινσενοσίδων και της γκινγκετίνης ως χηλικοί υποκαταστάτες πιστεύεται ότι είναι ένας υποκείμενος μηχανισμός μέσω του οποίου οι πολυφαινόλες αποτρέπουν τη νευροτοξικότητα, οδηγώντας σε νευροπροστατευτική δράση έναντι νευροεκφυλιστικών ασθενειών όπως η νόσος του Πάρκινσον, η νόσος του Αλτσχάιμερ και η νόσος του Huntington. (Cory et al., 2018) Με το πέρασμα χρόνου η γνωσιακή λειτουργία φθίνει λόγω οξείδωσης και φλεγμονής. Για παράδειγμα, οι πολυφαινόλες όπως επιγαλλοκατεχίνη, υδροξυξυτυροσόλη, κουρκουμίνη έχουν βρεθεί ότι έχουν θετική επίδραση σε νευροεκφυλιστικές ασθένειες που σχετίζονται με το γήρας. Ένας από τους μηχανισμούς που πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει σκοπό τη μείωση προφλεγμονωδών κυτοκινών.

Σ΄ αυτά έρχεται να προστεθεί ένας σημαντικός άξονας του εντέρου-εγκεφάλου δείχνοντας την σχέση των δύων αυτών συστημάτων με στόχο την ρύθμιση των εντερικών λειτουργιών. Στη σχέση αυτή έχει βρεθεί ότι επηρεάζει και η μικροχλωρίδα, η οποία συμβάλλει στην διατήρηση της υγείας του ανθρώπου. Στη μικροχλωρίδα παράγεται ο TMA τριμεθυλαμίνη που οξειδώνεται στο ήπαρ προς TMAO τριμεθυλο-N-οξείδιο που ασκεί αθηρογόνο δράση..

Οι πολυφαινόλες με τη σειρά τους αλληλεπιδρούν με τη μικροχλωρίδα του εντέρου. Για παράδειγμα, οι πολυφαινόλες των σταφυλιών μπορούν να μειώσουν τα επίπεδα των TMAO στο αίμα ενώ μπορούν να πάρουν ρόλο προβιοτικών και να οδηγήσουν στην αύξηση σημαντικών βακτηρίων όπως των μπιφιδοβακτηρίων και να μειώσουν αντίστοιχα παθογόνα.

Η μικροχλωρίδα ακόμη βοηθά στην απορρόφηση των πολυφαινολών από τις οποίες εισέρχεται στο παχύ έντερο όπου μετατρέπονται σε χαμηλού μοριακού βάρους φαινόλες , οι μεταβολίτες των οποίων απορροφούνται καλύτερα.(Annunziata et al., 2021)

1.4.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Οι πολυφαινόλες μπορούν να επηρεαστούν αρνητικά από τις διαδικασίες επεξεργασίας που απαιτούν ροή θερμικής ενέργειας και ο βαθμός εξαρτάται από την ίδια την μέθοδο. (Debelo, Li, & Ferruzzi, 2020) Οι μέθοδοι μπορεί να είναι το βράσιμο, τηγάνισμα, ψήσιμο, μαγείρεμα ατμού, φούρνος μικροκυμάτων αλλά και ξήρανση, για παράδειγμα για την αποξήρανση φρούτων, το καβούρδισμα του καφέ, παστερίωση, αποστείρωση. (Arfaoui, 2021)

Έχει φανεί ότι οι φαινόλες που προστίθενται σε αρτοποιήματα όταν υποβάλλονται σε διαδικασίες που εξαρτώνται από την υψηλή θερμοκρασία υφίστανται υποβάθμιση (J. Ou, 2021) Οι φαινολικές ενώσεις θεωρούνται μέτριας έως υψηλής ευαισθησίας στην θερμότητα.(Debelo et al., 2020)

Η θερμότητα προκαλεί διάρρηξη στις μεμβράνες των κυττάρων, στα οποία μπορούν να βρεθούν οι φαινόλες με αποτέλεσμα αυτές να μετακινηθούν σε άλλα μέρη του φυτού. Με αυτό το τρόπο διατηρούν την βιοδιαθεσιμότητα τους, όμως, είναι εκτεθειμένα στην οξείδωση.(Arfaoui, 2021)

Μελέτες δείχνουν ότι ο βρασμός μπορεί να οδηγήσει στη μεγαλύτερη μείωση της συνολικής περιεκτικότητας σε φαινολικές ενώσεις. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι κάποια φαινολικά είναι εξαιρετικά διαλυτά στο νερό..(Arfaoui, 2021; Minatel et al., 2017).

Από την άλλη το τηγάνισμα έχει εξίσου αρνητική επίδραση σε συγκεκριμένες φαινολικές ενώσεις. Μπορεί να προκληθούν απώλειες 57% και 62% ανθοκυανινών σε πατάτα με μωβ σάρκα και κόκκινο λάχανο αντιστοιχα. Όμως, η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα των τηγανητών λαχανικών μπορεί ακόμα να διατηρηθεί ή ακόμα και να αυξηθεί με το τηγάνισμα το ίδιο συμβαίνει και με το μαγείρεμα με τον ατμό. (Minatel et al., 2017)

Η σταθερότητα των πολυφαινολών σε χαμηλές θερμοκρασίες (4°C), είναι σχετικά καλή και οι δομές είναι σχετικά σταθερές για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Αυτό αποδίδεται στην πιθανή συζήτηση με την αναστολή της δράσης της φαινολοξειδάσης που συμβαίνει σε χαμηλές θερμοκρασίες, μειώνοντας την οξείδωση και συνεπώς τη συμπύκνωση και την αποικοδόμηση (Cao et al., 2021)

Φαινολικές ενώσεις-Φαινολικά οξέα-Ανθοκυανίνες

Σε μεγάλο βαθμό τα φαινολικά οξέα που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία ανακάμπτονται. (Debelo et al., 2020) Κατά το ψήσιμο ψωμιού ολικής, μάφινς, μπισκότων βρέθηκε πως τα φαινολικά που είναι δεσμευμένα διασπώνται και μειώνονται καθώς

μετατρέπονται στην ελεύθερη μορφή τους. Αυτή η αύξηση στα ελεύθερα φαινολικά προσδίδει και καλύτερη βιοδιαθεσιμότητα αυτών.(Abdel-Aal & Rabalski, 2013)

Στην περίπτωση μπισκότων, με την προσθήκη των πολυφαινολών ροσμαρικού οξέος, ρεσβερατρόλης, επικατεχίνης μειώθηκε η ποσότητα των πολυφαινολών και κατά συνέπεια υποβάθμισε την αντιοξειδωτική ικανότητα του προϊόντος. Μετά το ψήσιμο τους 190 βαθμούς για 10 λεπτά τα απομείναντα ποσοστά των ενώσεων ήταν 73,4% ,26,7% , 9,9% αντίστοιχα.(Juanying Ou, Teng, El-Nezami, & Wang, 2018)

Κατά την θερμική επεξεργασία, ένα μέρος του φερουλικού οξέος μετατρέπεται σε αρωματικές ενώσεις μία εκ των οποίων είναι και η 2-μεθοξυ-4-βινυλφαινόλη που συμμετέχει στην αντίδραση Malliard. Από την αντίδραση αυτή προκύπτει μια αρωματική ένωση που κυριαρχεί των άλλων τυπικών αρωμάτων από την Maillard αντίδραση.(J. Ou, 2021)

Οι ανθοκυανίνες θεωρούνται από τις πιο θερμοευαίσθητες φαινολικές ενώσεις λόγω της δομής τους. Σε μάφινς εμπλουτισμένα με φράουλες, σταφίδα, raspberry, βύσσινο μετρήθηκε η υποβάθμιση των ανθυοκυανινών σε θερμοκρασίες 140, 180, 220 ^{o}C. Βρέθηκε πως ο 3-γλυκοζίτη πελαργοδίνη είχε απώλεια 61-93%. Γενικά, οι ανθοκυανίνες μειώθηκαν όσο ο χρόνος ψησίματος αυξανόταν σε βαθμό που ξεπερνούσε το 50% . Παρατηρήθηκε ακόμη αύξηση της συγκέντρωσης των ελεύθερων φαινολών μετά το ψήσιμο σε συγκεκριμένες φαινολικές ενώσεις.(J. Ou, 2021)

Η υποβάθμιση των ανθοκυανινών λόγω θερμότητας ξεκινάει με την μετατροπής τους σε γλυκοζίτες χαλκόνης και ύστερα απογλυκοζυλιώνονται απελευθερώνοντας χαλκόνες. Η χαλκόνη υφίσταται διάσπαση σε μικρότερου μοριακού βάρους ενώσεις όπως βενζοϊκό οξύ, και αλδεΰδες.(J. Ou, 2021)

Οι κατεχίνες με τη σειρά τους είναι κι αυτές θερμοευαίσθητες. Τα σάκχαρα επιδρούν στην υποβάθμιση τους. Από την άλλη η κερκετίνη είναι σχετικά σταθερή στην θερμική επεξεργασία. (J. Ou, 2021)

Μετά τον εμπλουτισμό με πολτό λεμονιού τόσο σε δείγματα ζύμης όσο και σε δείγματα μπισκότου οι φαινολικές ενώσεις διπλασιάστηκαν σε σύγκριση με τις τιμές ελέγχου. Η προσθήκη τέτοιων ενώσεων στα δείγματα μπισκότων, όχι μόνο αύξησε τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες στις ζύμες, αλλά και αποτέλεσε προστατευτικό παράγοντα κατά της θερμικής υποβάθμισης του μαγειρέματος. Φάνηκε πως μετά τον αρχικό εμπλουτισμό στις ζύμες κάποιες ενώσεις διατηρήθηκαν σε καλό βαθμό μέχρι το τέλος του ψησίματος.

Η υποβάθμιση των φαινολικών κατά το ψήσιμο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος, η δομή των συστατικών και το υπόστρωμα των τροφίμων, η πηγή και η φύση των βιοδραστικών ενώσεων, η συνταγή και ο τύπος της θερμικής επεξεργασίας.

Ένας παράγοντας που μπορεί να δράσει στην κινητική αποικοδόμησης των ενώσεων μεταξύ των μελετών μπορεί να είναι αποτέλεσμα των pH, των στερεών ή υγρών μέσων και της παρουσίας μετάλλων και άλλων συστατικών τροφίμων. Ωστόσο, έχει φανεί ότι σε θερμοκρασίες άνω των 100°C ,ανεξάρτητα από τη δομή της πολυφαινόλης, ξεκινά η αποικοδόμηση πολλών ενώσεων.

Κατά το ψήσιμο έχουν παρατηρηθεί σημαντικές διαφορές κατά τη μελέτη των βιοδραστικών ενώσεων. Ο (Seetal, 2011) παρατήρησε ότι κατά το ψήσιμο η δραστικότητα των φαινολικών ενώσεων που υπάρχουν στο αλεύρι δεν μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό.

Από την άλλη, ο (Peng et al., 2010) έδειξε ότι κατά τον εμπλουτισμό εκχυλίσματος σπόρων από σταφύλι σε ψωμί, η αντιοξειδωτική δράση μειώθηκε από την θερμική επεξεργασία σε ποσοστό 30%-40%. Ακόμη, σε άλλη μελέτη, μετά από ενίσχυση με βατόμουρο μετά το ψήσιμο παρατηρήθηκε μείωση στα απομείναντα ποσοστά ανθοκυανίνης (21%), των προκυανιδινών (9%) και του χλωρογενικού οξέος (17%) (Rodriguez- Mateos et al., 2014). Πιθανώς, σε αυτά τα αποτελέσματα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και η θερμική σταθερότητα των διαφορετικών βιοδραστικών ενώσεων που συντελούν σε διάφορες αποκλίσεις.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζειτη σταθερότητα κατά τη θερμική επεξεργασία είναι η κατανομή των βιοδραστικών ενώσεων στη δομή του αρτοσκευάσματος. Στην περίπτωση των (Alves & Perrone, 2015), μετά από ενίσχυση σε σταρένια ψωμάκια με 10% και 20% αλεύρι γκουάβα εντοπίστηκε αύξηση στη συνολική ποσότητα φαινολικών ενώσεων στο φλοιό, επηρεαζόμενη από το χρόνο ψησίματος. (Betoret & Rosell, 2020)

1.4.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ/ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1.4.4.1 pH

Γενικά, το όξινο pH αυξάνει τη σταθερότητά των φαινολικών οξέων. Όταν έγινε σύγκριση της επίδρασης της θερμικής επεξεργασίας στις ανθοκυανίνες στα βατόμουρα, τα πορτοκάλια και τα τριαντάφυλλα, το χαμηλό pH των βατόμουρων μείωσε την ευαισθησία στη θερμότητα των ανθοκυανινών. Σε άλλη περίπτωση με τη μείωση του pH παρατηρήθηκε αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των επεξεργασμένων μύρτιλων , το οποίο σχετίστηκε με την περιεκτικότητα τους σε ανθοκυανίνες και φαινολικά. (Langston, Nash, & Bows, 2021)

Η προσθήκη των πολυφαινολών (ροσμαρικό οξύ, ρεσβερατρίλη, επικατεχίνη) σε μπισκότα μείωσε το pH . Φαίνεται πως τα φαινολικά οξέα αλλάζουν το pH στα ενισχυμένα μπισκότα συνεργιστικά με την θερμοκρασία. (Juanying Ou et al., 2018)

Η τιμή του pH μειώθηκε σημαντικά σε δείγματα ψωμιού ενισχυμένα με σκόνη σταφυλιού σε σύγκριση με αυτά του ελέγχου. (Tolve et al., 2021)

Άλλη μία περίπτωση, μετά τον εμπλουτισμό με λεμόνι στα δείγματα ζύμης και στα δείγματα μπισκότου, η τιμή του pH ήταν σημαντικά χαμηλότερη . Αυτό υποδηλώνει επίσης την πιθανή επίδραση του εκχυλίσματος λεμονιού στην παρουσία όξινων συστατικών. (Imeneo, Romeo, Gattuso, Bruno, et al., 2021) Σε δείγματα ψωμιού ενισχυμένα με σκόνη σταφυλιού η τιμή του pH μειώθηκε σημαντικά σε σύγκριση με τον μάρτυρα(Tolve et al., 2021)

Θα ήταν προτιμότερο σε ένα προϊόν να κρατηθεί το pH σε χαμηλά επίπεδα, καθώς οι πιο βασικές συνθήκες γενικά αποσταθεροποιούν τις πολυφαινόλες. Η σταθερότητα των πολυφαινολών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις διακυμάνσεις της τιμής του pH επηρεάζοντας τη χημική τους δομή, η οποία αντικατοπτρίζει και την χρωματική διακύμανση των πολυφαινολών.(Cao et al., 2021)

Οι ανθοκυανίνες μπορούν να αλλάξουν την χημική τους μορφή ανάλογα με τη τιμή του Ph. Σε pH = 1, το κυρίαρχο είδος είναι το κατιόν φλαβυλίου ,κόκκινου χρώματος , το οποίο σταθεροποιείται καλύτερα σε όξινα διαλύματα. Σε pH 5 και 6 παρατηρούμε τις μορφές της ψευδοβάσης και χαλκόνης (άχρωμη). Τέλος, σε τιμή pH υψηλότερη από 6, οι ανθοκυανίνες

αποικοδομούνται (Castañeda-Ovando, Pacheco-Hernández, Páez-Hernández, Rodríguez, & Galán-Vidal, 2009)

1.4.4.2.Aw-Υγρασία- Διόγκωση

Σε ζυμάρια εμπλουτισμένα με σκόνη σταφυλιού όσο μεγάλωνε η ποσότητα ενίσχυσης, η ποσότητα του νερού που απορροφήθηκε, αυξήθηκε. Αυτή η αύξηση σχετίζεται με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες όσο αυξανόταν και η ποσότητα σκόνης .Οι διαιτητικές ίνες λόγω του μεγάλου αριθμού ομάδων υδροξυλίου δίνουν τη δυνατότητα μεγαλύτερης αλληλεπίδρασης με μόρια νερού.

Ακόμη με την προσθήκη της σκόνης η τιμή εκτασιμότητας που μετρά την ικανότητα διόγκωσης της ζύμης μειώθηκε. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε ίνες από την σκόνη θα μπορούσε να ανταγωνίζονται με την γλουτένη για την απορρόφηση νερού, δίνοντας ένα λιγότερο αδύναμο δίκτυο γλουτένης, με αποτέλεσμα και χαμηλότερη εκτασιμότητα.

Οι παράγοντες που δρουν στη διόγκωση του ψωμιού είναι αρκετοί όπως η κατάσταση ζύμωσης, ο χρόνος διόγκωσης, η ρεολογία ζύμης, το είδος υλικών, η θερμοκρασία, και ο τύπος της μαγιάς που χρησιμοποιείται. Οι όξινες συνθήκες που επικρατούν και η επακόλουθη αύξηση του αριθμού των θετικών φορτίων στις ζύμες μπορεί να έχει αλλοιώσει το δίκτυο γλουτένης του δείγματα. (Tolve et al., 2021)

Το aw στις ζύμες εμπλουτισμένες με εκχύλισμα και φλούδα λεμονιού ήταν παρόμοια σε όλα τα δείγματα χωρίς κάποια διακριτή διαφορά, ενώ ήταν και μεγαλύτερη από τη ζύμη μάρτυρα. Φάνηκε δηλαδή βελτίωση της ικανότητας δέσμευσης νερού μετά τον εμπλουτισμό με εκχύλισμα. Ενώ στη διαδικασία του ψησίματος η εξάτμιση του νερού προωθείται, δηλαδή η aw που μετρήθηκε στα μπισκότα μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό. Τα μπισκότα που περιλαμβάνουν μόνο εκχύλισμα είχαν τη χαμηλότερη τιμή ενεργότητας νερού και ήταν τα πιο τραγανά, σε σύγκριση με τα άλλα δείγματα.

Τα ποσοστά υγρασίας στα δείγματα ζύμης ήταν παρόμοια εκτός από αυτή με το εκχύλισμα, η οποία φάνηκε να είχε τη μικρότερη υγρασία. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να οφείλεται σε υδροαλκοολικό διάλυμα του εκχυλίσματος όπου η αιθανόλη έχει υψηλότερη πτητικότητα από το νερό. Μετά το ψήσιμο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην υγρασία μεταξύ των δειγμάτων. (Imeneo, Romeo, Gattuso, Bruno, et al., 2021)

Σε εμπλουτισμένα κριτσίνια με σκόνη σταφυλιού βρέθηκε ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά της ενεργότητας νερού μεταξύ των δειγμάτων. Σε αντίθεση, η απορροφητικότητα της ζύμης σε νερό αυξήθηκε σημαντικά με την μεγαλύτερη προσθήκη σκόνης. Αυτό εξηγείται λόγω της περιεκτικότητας σε ίνες. Με την ενίσχυση αυτή και την αντικατάσταση του αλεύρου σίτου από σκόνης σταφυλιού οι ζύμες είχαν λιγότερη ικανότητα διόγκωσης από το δείγμα μάρτυρα. (Rainero & Bianchi, 2021)

1.4.5 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΏΝ ΣΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1.4.5.1 Χρώμα

Στα προϊόντα αρτοποιίας, το χαρακτηριστικό χρώμα που θα αποκτήσει το προϊόν προκύπτει από χημικές αντιδράσεις , μία τέτοια αντίδραση είναι και η Maillard. Το χρώμα και η εξωτερική όψη των μπισκότων επηρεάζονται από τα αναγωγικά σάκχαρα αλλά και την ποσότητα τους τα οποία μέσω της καραμελοποίησης δίνεται το χαρακτηριστικό μαύρισμα. Ακόμη, ένα άλλος παράγοντας αποτελεί και η θερμοκρασία ψησίματος. (Imeneo, Romeo, Gattuso, Bruno, et al., 2021)Το εξωτερικό χρώμα των αρτοσκευασμάτων είναι ένα ποιοτικό

στοιχείο, που επηρεάζει την αποδοχή των αρτοσκευασμάτων από τους καταναλωτές (J. Ou, 2021)

Με την προσθήκη διαφορετικών τύπων και επιπέδων πολυφαινολών σε ζύμη η επίδραση στο χρώμα των ψημένων τροφίμων ποικίλει. Τα υψηλά επίπεδα προσθήκης πολυφαινολών ροσμαρικό οξύ, ρεσβερατρόλη, επικατεχίνη σε μπισκότα επέδρασσε περισσότερο την ανάπτυξη του χρώματος σε σχέση με τα χαμηλότερα. Τα επίπεδα θερμοκρασίας επέδρασσαν στην ερυθρότητα αλλά και στη τιμή b* των μπισκότων. Γενικά, ως πρόσθετα, οι φαινολικές ενώσεις θα μπορούσαν να επηρεάσουν το χρώμα των μπισκότων και το χρώμα αλλάζει ανάλογα με τον φαινολικό τύπο, το επίπεδο προσθήκης και θερμοκρασία ψησίματος. (Juanying Ou et al., 2018)

Με την προσθήκη σκόνης σταφυλιού σε ψωμί φάνηκε πως η φωτεινότητα (L*) μειώθηκε στην ψίχα αλλά και στην κρούστα. Ακόμη, με την αύξηση της ποσότητας της σκόνης η ερυθρότητα αυξήθηκε μόνο στην ψίχα ψωμιού, ενώ στην κρούστα μειώθηκε. Οι ανθοκυανίνες είναι οι ενώσεις που προσδίδουν το κόκκινο χρώμα από την προσθήκη σκόνης σταφυλιού. Ωστόσο, ο λόγος που εξηγεί αυτή την διαφορά στις τιμές a σε ψίχα και κόρα αποδίδεται στην λιγότερη αποικοδόμηση των ανθοκυανινών στη ψίχα καθώς η ψίχα υφίσταται χαμηλότερη θερμική επεξεργασία λόγω λιγότερης έκθεσης έχοντας υψηλότερο ποσοστό υγρασίας από την κρούστα. Από την άλλη η παράμετρος b* με την αύξηση της συγκέντρωσης της σκόνης αύξησε την χρωματική διακύμανση στην ψίχα αλλά και στην κρούστα.(Tolve et al., 2021)

Με την ενίσχυση λεμονιού σε διάφορες μορφές σε μπισκότα παρατηρήθηκε μείωση της φωτεινότητας (L*) και παράλληλη αύξηση στις τιμές των συστατικών a* και b* στα ψημένα μπισκότα, λόγω των αντιδράσεων Maillard και καραμελοποίησης που συμβαίνουν κατά το ψήσιμο. Ενώ η κρούστα λάμβανε τελικά χρώμα από ανοιχτό έως καστανοκίτρινο. (Imeneo, Romeo, Gattuso, Bruno, et al., 2021)

1.4.5.2 Υφή

Μετά την προσθήκη σκονών ή εκχυλισμάτων από φρούτα παρατηρείται συνήθως αλλαγές στην υφή του προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, σε ενίσχυση ψωμιών με σκόνη από σταφύλι επηρεάστηκε αρκετά η υγρασία της ψίχας, η σκληρότητα του κρούστας και η στυπτικότητα αλλά δεν επέδρασσε στην συνολική αποδοχή του προϊόντος. (Tolve et al., 2021) Από την άλλη, η προσθήκη σκόνης σταφυλιού σε μάφιν τροποποίησε τις τεχνολογικές ιδιότητες της υφής αλλά δεν επέδρασσε στα αισθητηριακά χαρακτηριστικά. Παρόμοια, στο συγκεκριμένο πείραμα, οι βαθμολογίες για την αποδοχή του προϊόντος ήταν μεγαλύτερες.(Bender et al., 2017)

Σε προσθήκη σκόνης goji berry σε μάφινς με επίπεδο αντικατάστασης 10 g/100 g GBP, δεν φάνηκε να επηρεάζεται τόσο η υφή σε σύγκριση με εκείνο του ελέγχου, ωστόσο σε υψηλότερα επίπεδα ενσωμάτωσης, οι βαθμολογίες για την υφή βελτιώθηκαν. Μετά από ανάλυση της υφής φάνηκε πως η σφριγηλότητα μειώθηκε με την προσθήκη GBP που υποδεικνύει την πιο υγρή υφή του. Εν τέλη, προτιμήθηκαν περισσότερο τα μάφινς με 10 και 20 g/100 g GBP όσον αφορά την υφή λόγω της πιο φρυγανισμένης γεύσης, ενώ σε αντίθεση σε επίπεδο αντικατάστασης 40 g/100 g χαρακτηρίστηκαν πιο κοκκώδη, ινώδη, μασώμενα και μη ελκυστικά. (Bora, Ragaee, & Abdel-Aal, 2019)

Σε μπισκότα ενισχυμένα με σκόνη goji berry η υφή των μπισκότων ελέγχου ήταν πιο τραγανή και βαθμολογήθηκαν υψηλότερα από τα μπισκότα με GBP. Φάνηκε δηλαδή πως

τα χαρακτηριστικά υφής των μπισκότων μειώθηκαν με την αύξηση του επιπέδου υποκατάστασης GBP ενώ σύμφωνα με τον αναλυτή υφής βρέθηκε πως το αυξανόμενο επίπεδο υποκατάστασης έδινε ένα πιο μαλακό προϊόν, λιγότερο τραγανό. (Bora et al., 2019)

Τέλος, τα μπισκότα με εκχύλισμα από λεμόνι είχαν τη χαμηλότερη τιμή aw και άρα ήταν πιο τραγανά. Το υψηλό aw σχετίζεται με το πλαστικοποίηση της μήτρας λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας νερού, αυτό κάνει τα μπισκότα να χάνουν την τραγανότητά τους δίνοντας πιο μαλακή μήτρα.(Imeneo, Romeo, Gattuso, Bruno, et al., 2021)

1.4.5.3 Γεύση

Όπως και η υφή έτσι και η γεύση επηρεάζεται από την ενίσχυση. Ειδικότερα, η προσθήκη σκόνης σταφυλιού σε ψωμιά άλλαξε σε σημαντικό βαθμό την γεύση του ψωμιού. Φάνηκε πως η συνολική γεύση και οξύτητα αυξήθηκαν σημαντικά με την προσθήκη της σκόνης, ενώ η γλυκιά γεύση μειώθηκε.(Tolve et al., 2021)

Φάνηκε επίσης πως η φλούδα σταφυλιού αν προστεθεί σε μάφιν δεν αλλάξει η γεύση, η υφή ή η συνολική αποδοχή από τον καταναλωτή. (Bender et al., 2017)

Ακόμα, σε μάφιν οι βαθμολογίες γεύσης ήταν υψηλές σε επίπεδο υποκατάστασης 16 g/100 g , όμως, όπως παρατηρήθηκε σε επίπεδο 40 g/100 g τα μάφινς είχαν έντονη δυσάρεστη επίγευση (πικρή, στυφή) Αντίστοιχα, τα εμπλουτισμένα μπισκότα 40 g/100 g GBP είχαν τη χαμηλότερη γεύση και υψηλότερη βαθμολογία επίγευσης λόγω της έντονης δυσάρεστης επίγευσης.(Bora et al., 2019)

Σε προσθήκη 10% και 15% σκόνης εκχυλίσματος από κεράσι με ενθυλάκωση σε μπισκότα, το αυξάνόμενο ποσοστό ενίσχυσης οδήγησε σε πιο έντονη γεύση λόγω των κερασιών, δίνοντας καλή αποδοχή στους αξιολογητές. Τα μπισκότα με την προσθήκη ορός γάλακτος απέδωσαν πιο έντονη γεύση κερασιού από τα δείγματα με πρωτεϊνη σόγιας. (Tumbas Šaponjac et al., 2016)

Η προσθήκη εκχυλισμάτων από βύσσινο σε μπισκότα επηρέασε σε μεγάλο βαθμό στη γεύση τους. Ακόμη, φάνηκε πως με το αυξανόμενο ποσοστό ενθυλάκωσης με ορό γάλακτος αύξησε την ένταση της γεύσης που σχετίζεται με τα βύσσινα. Λόγω αυτού απέσπασε την αποδοχή από τους αξιολογητές. (Petrović, Lončarević, Šaponjac, Pajin, & Zarić, 2016)

1.4.6 ΣΧΕΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΑΜΥΛΟΥ

Το άμυλο αποτελεί από τα κύρια μακρομόρια συστατικά στα άλευρα και στη ζύμη. Το άμυλο κατά τη θέρμανση έχει μία ανταγωνιστική αλληλεπίδραση με την γλουτένη σε σχέση με την απορρόφηση του νερού κατά τη διάρκεια του ψησίματος όπου πραγματοποιούνται πολλές αλλαγές στη δομή των μορίων. Η γλουτένη είναι υπεύθυνη για την δημιουργία ενός φράγματος γύρω από το άμυλο, αποτρέποντας στο άμυλο να απορροφήσει νερό με σκοπό την ζελατινοποίηση.

Από την άλλη τα υδρόφιλα φαινολικά επηρεάζουν κι αυτά με τη σειρά τους το άμυλο και δρουν ανταγωνιστικά στην απορρόφηση. Όμως μπορούν να δράσουν τροποποιώντας το Ph δημιουργώντας δεσμούς με το άμυλο αλλάζοντας την προσρόφηση των μορίων νερού από το άμυλο και τη ζελατινοποίηση του.

Με εμπλουτισμό φαινολικών ενώσεων σε αλεύρι σίτου για παράδειγμα, με πολυφαινόλες φραγκοστάφυλου και πηκτίνη στο αλεύρι σίτου, οδήγησε σε αλλαγή της θερμοκρασίας

ζελατινοποίησης. Στη περίπτωση με το φραγκοστάφυλλο, οι πολυφαινόλες και η πηκτίνη αλληλεπιδρούν με την γλουτένη επιδρώντας στην απορρόφηση νερού. (Xu, Wang, & Li, 2019)

Τέλος, οι πολυφαινόλες μέσα σε ένα σύστημα ζύμης μπορεί να προκαλέσουν αναστολή της αμυλάσης, δρώντας αρνητικά στην υδρόλυση του αμύλου. Αυτό θα επιφέρει μικρότερη αλληλεπίδραση με την μαλτόζη για ζυμομύκητες επιδρώντας στην διόγκωση. (Tolve et al., 2021)

Σκοπός

Σκοπό της μελέτης αποτέλεσε η αξιολόγηση της επίδρασης του εμπλουτισμού με διαφορετικές πηγές και τύπους εκχυλισμάτων στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και τις χρωματικές παραμέτρους μοντέλων αρτοσκευασμάτων.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των αρτοσκευασμάτων ήταν λευκό αλεύρι, ζάχαρη, baking powder/ μαγιά, λάδι, αλάτι, νερό. Ακόμη, επιλέχθηκαν τρία αποξηραμένα φρούτα(σταφίδες, κεράσι, βύσσινο) για την γέμιση των ψωμιών αλλά και για την παρασκευή των εκχυλισμάτων και για τις σκόνες φρούτου και εκχυλίσματος. Ύστερα από λυοφιλίωση των αποξηραμένων φρούτων λήφθηκε η σκόνη φρούτου για κάθε ένα δείγμα. Το εκχύλισμα από την άλλη λήφθηκε από υδραλκολικό μείγμα 48%αλκοολ,52%νερό) σε δυο ώρες. Με την ξήρανση του εκχυλίσματος ετοιμάστηκαν τα δείγματα για την σκόνη του εκχυλίσματος. Τα δείγματα σκονών φυλάσσονταν στην κατάψυξη στους -80 ενώ τα εκχυλίσματα στους -40. Με τα δείγματα από τις παραπάνω μεθόδους πραγματοποιήθηκαν διάφοροι συνδυασμοί.

2.1.1 Παρασκευή αρτοσκευασμάτων

Για την παρασκευή 6 ψωμιών χρησιμοποιήθηκαν 130 g αλεύρι, 18 g ζάχαρη,4,4 g μπέικιν πάουντερ, 1,8 γρ μαγιά,1,5 γρ αλάτι, 17 ml λάδι, 72 ml νερό,72ml εκχύλισμα, 7,2g σκόνη φρούτου, 7,2 g σκόνη εκχυλίσματος και 7,2/72 σκόνη φρούτου/εκχυλίσματος, ενώ τα φρούτα χρησιμοποιήθηκαν σε ποσότητες 10g για τις σταφίδες και 5 g για το κεράσι και αντίστοιχα για το βύσσινο. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 36 πειράματα. Με βάση το κάθε φρούτο χρησιμοποιήθηκε μαγιά και μπέικιν πάουντερ ξεχωριστά ενώ σε κάθε περίπτωση υπήρχαν έξι πειράματα με συγκεκριμένους συνδυασμούς σκονών και εκχυλισμάτων.

Σε γυάλινο σκεύος προστίθενται το αλεύρι η ζάχαρη, η μαγιά/μπέικιν πάουντερ. Με ογκομετρικό κύλινδρο μετρήθηκε η ποσότητα νερού ή εκχυλίσματος ενώ όλες οι υπόλοιπες ποσότητες μετρήθηκαν σε εργαστηριακό ζυγό.

Για κάθε είδος εμπλουτισμού παρασκευάζονται 4 δείγματα, 2 με το είδος εμπλουτισμού και 2 με ταυτόχρονη προσθήκη αντίστοιχου αποξηραμένου φρούτου. Σε κάθε πείραμα φτιάχτηκαν 4 ψωμάκια , τα 2 ψωμάκια με το συγκεκριμένο μίγμα κάθε φορά και στα άλλα δυο προστέθηκε επιπλέον γέμιση με ολόκληρο το φρούτο.

Οι συνδυασμοί ήταν οι εξής:

Για το κάθε φρούτο (κεράσι,βύσσινο,σταφίδα)	
Μπέικιν πάουντερ/μαγιά	Μάρτυρας
	Εκχύλισμα
	Σκόνη φρούτου
	Σκόνη φρούτου/Εκχύλισμα
	Σκόνη εκχυλίσματος
	Σκόνη Φρούτου/Σκόνη Εκχυλίσματος

Πίν.1: Συνδυασμοί Εμπλουτισμού Αρτοποιημάτων

Κάθε φορά, ζυγίζονται 40 g ζύμης στο ζυγό και σε στρογγυλό σχήμα τοποθετούνταν σε υποδοχείς ψησίματος. Με το παχύμετρο γινόντουσαν μετρήσεις διαμέτρου και ύψους σε διαφορετικές χρονικές περιόδους ανάλογα με το είδος του διογκωτικού μέσου(για το μπέικιν στη t=0, t=15min και αντίστοιχα για τη μαγιά στις t=0, t=15, t=30min). Οι χρονικές στιγμές αποτελούν τους χρόνους διόγκωσης των σχηματισμένων ζυμαριών. Η διόγκωση τους έγινε σε φούρνο στους 40 βαθμούς στους αντίστοιχους χρόνους.

Στις ίδιες χρονικές στιγμές γίνονταν ακόμα μετρήσεις a,b,C,h με το χρωματόμετρο και aw με τον μετρητή ενεργότητας νερού.

Με τη χρήση του πεχάμετρου πραγματοποιούνταν τρεις μετρήσεις ph στο ζυμάρι. Ακόμη, μετρήθηκε η υγρασία του ζυμαριού χωρίς και με φρούτο. Το ζυμάρι τοποθετούνταν σε αποδέκτες, 3 με απλό ζυμάρι και 3 με φρούτο και αφήνονταν στο φούρνο στους 115 βαθμούς για 24 ώρες. Μετρήσεις πριν και μετά τον φούρνο γίνονταν με ζυγό για τον υπολογισμό της υγρασίας.

Μετά το ψήσιμο των ζυμαριών σε οικιακό φούρνο για 14 περίπου λεπτά στους 180oC γίνονταν μετρήσεις βάρους μετρώντας τις εκατό απώλεια κατά το ψήσιμο αλλά και την διόγκωση με το παχύμετρο.

Μετά το ψήσιμο γινόταν ο διαχωρισμός της κόρας από τη ψίχα και το φρούτο από τα αντίστοιχα ψωμάκια και γινόταν μέτρηση του βάρους για κόρα, ψίχα, φρούτο από τη γέμιση.

Στη συνέχεια, πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις για L,a,b,C,h,aw για κόρα, ψίχα, φρούτο αλλά και στο blend με και χωρίς φρούτο.

2.1.2 Μέθοδοι προσδιορισμού

2.1.2.1 Προετοιμασία δειγμάτων – Λυοφιλίωση

Η λυοφιλίωση ή αλλιώς freeze-drying είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την αφαίρεση νερού υπό τη μορφή πάγου από τα φρούτα μέσω εξάχνωσης. Πρωταρχικά, πραγματοποιείται η κατάψυξη στους γύρω στους -30oC και ύστερα μέσω μετατροπής του πάγου σε ατμό γίνεται η ξήρανση .(Nowak & Jakubczyk, 2020)

2.1.2.2 Προσδιορισμός Ολικών Φαινολικών ενώσεων

Προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu και εκφράστηκε ως mg ισοδυνάμων γαλλικού οξέος ανά 100 ml εκχυλίσματος στερεών αποβλήτων ή ως mg/kg υγρής ή ξηρής κρούστας και ψίχας.

2.1.2.3 Μετρητής ενεργότητας ύδατος

Η ενεργότητα νερού μετρήθηκε με το HydroPalm AW. Η ενεργότητα ύδατος (aw) ορίζεται ως το κλάσμα της μερικής τάσης ατμών του νερού του τροφίμου προς της μερική τάση ατμών του απιονισμένου νερού στην ίδια θερμοκρασία. Αντιπροσωπεύει το μη δεσμευμένο στα μόρια του τροφίμου νερού. Το επίπεδο του μη δεσμευμένου νερού σχετίζεται με τη χημική, μικροβιακή και ενζυμική σταθερότητα των τροφίμων και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη συντήρηση συγκεκριμένων κατηγοριών τροφίμων.

2.1.2.4 Μέτρηση υγρασίας

Για κάθε δείγμα προετοιμάζονταν 3 υποδοχείς χωρίς φρούτο και 3 με φρούτο. Στη συνέχεια τοποθετούνταν στο φούρνο στους 115oC για 24 ώρες. Οι υγρασίες υπολογίστηκαν επί ξηρού και επί νωπού με τους τύπους:

W=w3-w2/w2-w1 W=w3-w1/w2-w1

Όπου w1=βάρος υποδοχέα, w2=βάρος τροφίμου και υποδοχέα, w3=βάρος τροφίμου και υποδοχέα μετά τον φούρνο.

2.1.2.5 Μέτρηση χρώματος-Χρωματομετρία

Εικ.22. Konica Minolta CM-5 Spectrophotometer

Το χρώμα του ζυμαριού, των ψημένων ψωμιών και των φρούτων μετρήθηκε χρησιμοποιώντας το Konica Minolta CM-5 Spectrophotometer. Ενώ κάθε φορά καταγράφονταν τα στοιχεία L*, a*, b*,C,h. Η παράμετρος L* υποδεικνύει την ένταση του φωτός ή του σκότους. Η παράμετρος a* παίρνει θετικές τιμές για τα κοκκινωπά χρώματα και αρνητικές τιμές για τα πρασινωπά, ενώ το b* παίρνει θετικές τιμές για τα κιτρινωπά χρώματα και αρνητικές τιμές για τα γαλαζωπά χρώματα. Το C είναι το «chroma» και το h η «γωνία απόχρωσης» .

Το χρώμα αξιολογήθηκε τόσο στα ψωμάκια ελέγχου όσο και σε αυτά που παρασκευάζονται με φρούτα. Χρησιμοποιήθηκαν 2 αντίγραφα για κάθε τύπο. Έγιναν τρεις μετρήσεις σε κάθε περίπτωση.

2.1.2.6 Στατιστική ανάλυση

Όλη η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο Excel. . Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον 3 φορές. Χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο η γραμμική παλινδρόμησή που επιτρέπει με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% να συγκριθούν οι αντίστοιχες τιμές.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρασκευάστηκαν μοντέλα αρτοσκευασμάτων μετά από εμπλουτισμό με βιοδραστικά μικροσυστατικά από φρούτα. Χρησιμοποιήθηκαν 3 φρούτα: σταφύλι, κεράσι και βύσσινο. Τα εμπλουτισμένα αρτοσκευάσματα παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας: εκχύλισμα φρούτου (EX), σκόνη φρούτου (P.FR), μίγμα σκόνης φρούτου και εκχυλίσματος (P.FR/EX), σκόνη εκχυλίσματος (P.EX) και μίγμα σκόνης φρούτου και σκόνης εκχυλίσματος (P.FR/P.EX). Τα εκχυλίσματα φρούτου παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας ως διαλύτη μίγμα αιθανόλης/νερού. Επίσης, έγινε εμπλουτισμός χρησιμοποιώντας όλα τα προαναφερθέντα εκχυλίσματα/σκόνες φρούτου και επιπλέον το αντίστοιχο ξηρό φρούτο ως έχει. Η κάθε παρασκευή αρτοσκευάσματος έγινε χρησιμοποιώντας 2 μέσα διόγκωσης: μαγιά (YS) και μπέικιν πάουντερ (BP). Παράλληλα παρασκευάστηκαν μάρτυρες, χωρίς εμπλουτισμό.

Τόσο η ζύμη πριν την έψηση όσο και το τελικό προϊόν αξιολογήθηκαν ως προς τις χρωματικές παραμέτρους τους (L, α*, β*), ως προς τη διόγκωση, την ενεργότητα ύδατος και την περιεχόμενη υγρασία. Ειδικότερα, για την αξιολόγηση του τελικού – έτοιμου προς κατανάλωση προϊόντος – έγινε αξιολόγηση της κόρας, της ψίχας και του συνολικού προϊόντος.

Στη συνέχεια έγιναν συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων που μελετήθηκαν και τα αποτελέσματα παρατίθενται ως προς κάθε φρούτο ξεχωριστά.

3.1 Σταφύλι

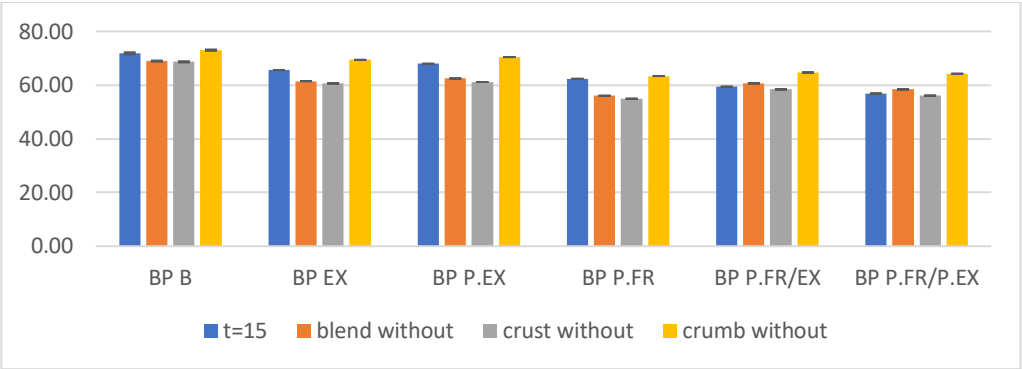
3.1.1 Χρωματικές παράμετροι

Συσχετίζουμε την μεταβολή της φωτεινότητας από το ζυμάρι στο τελικό προϊόν σε μίγμα, κόρα και ψίχα αλλά και μεταξύ των μορφών εμπλουτισμού.

3.1.1^{α} Φωτεινότητα

1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.1: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό

Στον μάρτυρα παρατηρήσαμε μείωση της φωτεινότητας από τη ζύμη στο μίγμα που οφείλεται στη μεταβολή της φωτεινότητας της κόρας κατά την διαδικασία της έψησης λόγω της αντιδράσεων Maillard αλλά και αντίδρασης της καραμελοποίησης όπως επιβεβαιώνει και ο (Shen, Chen, & Li, 2018). Η κόρα δεδομένου ότι δέχεται τη μεγαλύτερη και πιο άμεση επίδραση της θερμοκρασίας έδωσε πιο σκούρο χρώμα στη κόρα και άρα και στο μίγμα. Σε αντίθεση, στην ψίχα δεν παρατηρήθηκε τόσο σημαντική αύξηση φωτεινότητας. Η διατήρηση της φωτεινότητας συγκριτικά με αυτή από το ζυμάρι οφείλεται πιθανόν στη προστασία της αφού βρίσκεται στο εσωτερικό του ψωμιού και δέχτηκε τη λιγότερη επίδραση της θερμοκρασίας.

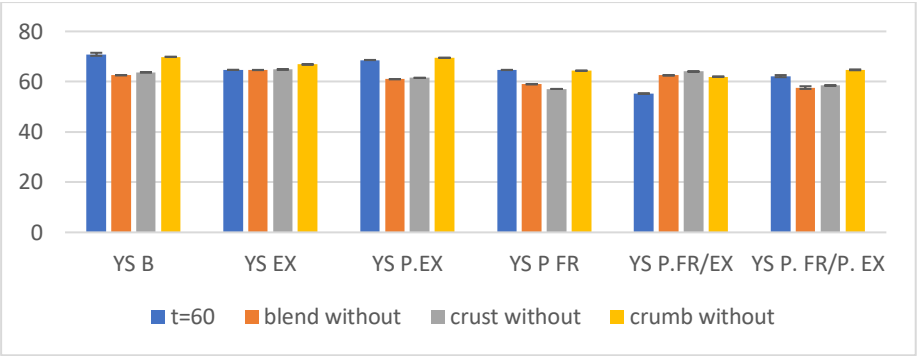
Όπως βλέπουμε στο γράφημα , στα δείγματα που έγινε εμπλουτισμός με εκχύλισμα, με σκόνη φρούτου είτε με σκόνη εκχυλίσματος, τα ψωμιά ενισχύθηκαν με μεγάλη ποσότητα ανθοκυανινών. Λόγω του χρώματος που προσδίδουν οι ανθοκυανίνες, η φωτεινότητα φάνηκε να μειώθηκε στην ψίχα σε σχέση με τον μάρτυρα αλλά και στη κόρα που παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μείωση του L δίνοντας στο μίγμα πιο σκούρο χρώμα.(Tolve et al., 2021)

Στη σκόνη φρούτου φάνηκε πως η μείωση στο μίγμα να είναι ακόμη μεγαλύτερη. Αυτό αποδίδεται πιθανόν στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ανάγοντα σάκχαρα δίνοντας πιο σκούρο χρώμα μέσω των αντιδράσεων Maillard και καραμελοποίησης. (Shen et al., 2018)

Αντίστοιχα, και στις ζύμες λόγω της προσθήκης των ανθοκυανινών παρατηρούνται μικρότερες τιμές L, ενώ στους συνδυασμούς φάνηκε, λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας, να έχουμε τις μικρότερες τιμές L, όπως συμφωνεί και στη μείωση με προσθήκη εκχυλίσματος ο (Dordoni et al., 2019)

Αν στη σκόνη φρούτου προσθέταμε είτε εκχύλισμα είτε σκόνη εκχυλίσματος, τα ψωμάκια δεν είχαν μικρότερη φωτεινότητα από την σκόνη φρούτου στη κόρα, ψίχα και επομένως στο μίγμα το οποίο οφείλεται στη μικρότερη μεταβολή στη φωτεινότητα της κόρας. Σε αντίστοιχη περίπτωση ο (Iuga & Mironeasa, 2020) ανέφερε ότι με προσθήκη μεγάλης ποσότητας από το εκχύλισμα το L δε σημειώνει σημαντική μείωση.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.2: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

Στα δείγματα που παρασκευάστηκαν με μαγιά παρατηρήθηκε μια παρόμοια συμπεριφορά με το μπέικιν στον μάρτυρα λόγω των ίδιων αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στη κόρα όπως επιβεβαιώνουν και οι (Tolve et al., 2021) σε ψωμάκια με μαγιά.

Στον μάρτυρα, η ψίχα δεν είχε σημαντική διαφορά στη φωτεινότητα με το ζυμάρι ομοίως.

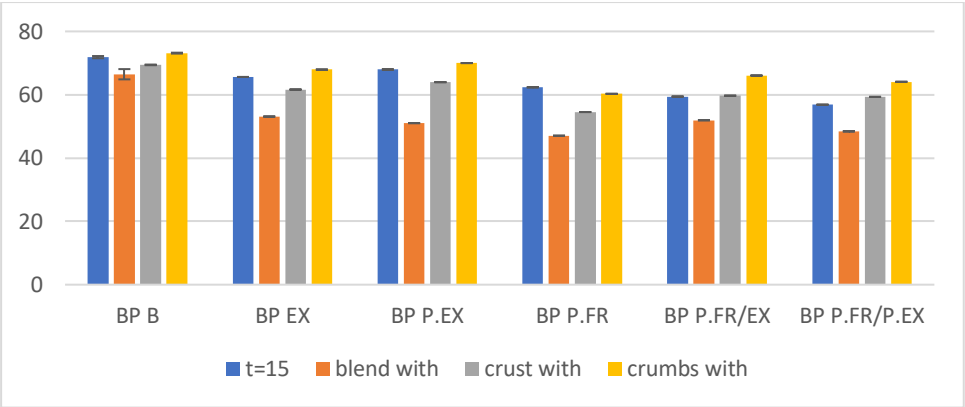
Όπως βλέπουμε στο γράφημα, στα δείγματα που είχε γίνει εμπλουτισμός με σκόνη φρούτου (Tolve et al., 2021) είτε με σκόνη εκχυλίσματος (Šporin, Avbelj, Kovač, & Možina, 2017) η φωτεινότητα ήταν μειωμένη στο μίγμα σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό οφείλεται στα πρόσθετα σάκχαρα αλλά και στις ανθοκυανίνες και όπως φάνηκε στη σκόνη φρούτου η μεγαλύτερη μείωση στο L συμβαίνει λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε σάκχαρα.

Εξαίρεση αποτελεί το εκχύλισμα, στο οποίο η φωτεινότητα αυξήθηκε στο μίγμα σε σχέση με τον μάρτυρα το οποίο οφείλεται στην αύξηση της φωτεινότητας στην κόρα. Παρατηρήθηκε, επίσης, από τη ζύμη στο μίγμα, η φωτεινότητα να παραμένει ίδια. Τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με τον (Peng et al., 2010) όπου έδειξε ότι η φωτεινότητα μειώθηκε με την προσθήκη εκχυλίσματος.

Το αποτέλεσμα αυτό στο εκχύλισμα έδωσε και μεγαλύτερη τιμή στο συνδυασμό του με την σκόνη φρούτου στη κόρα και στο μίγμα με τιμές στα επίπεδα του μάρτυρα.

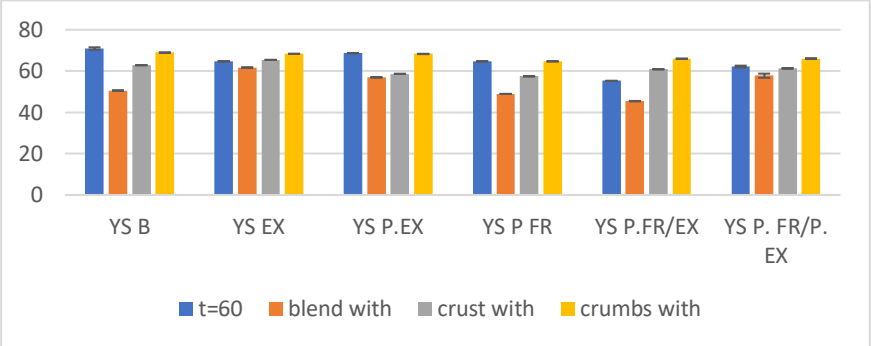
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.3: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά

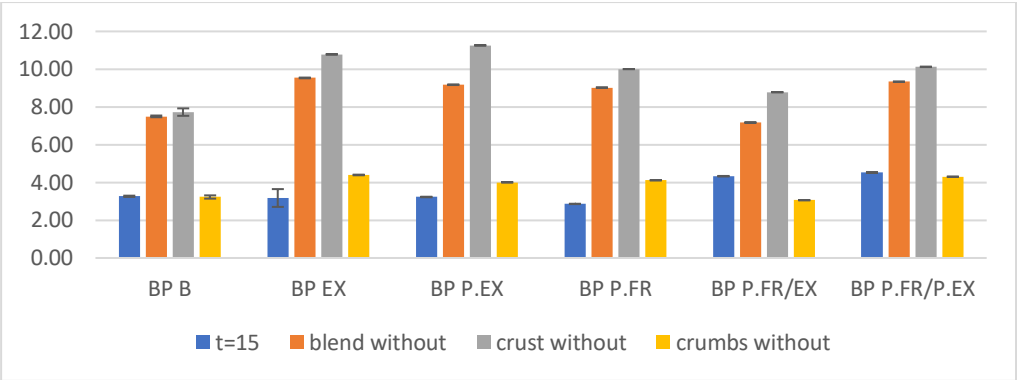


Σχ.4: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

3.1.1$^{\beta}$ Παράμετρος α*

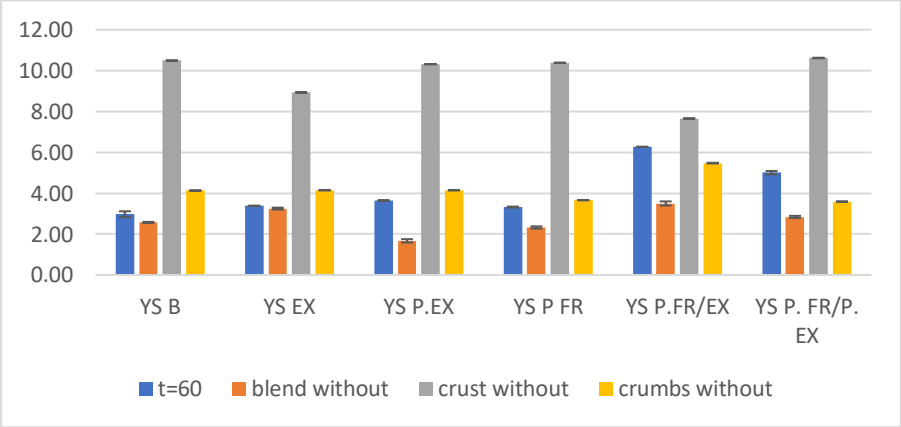
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.5: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

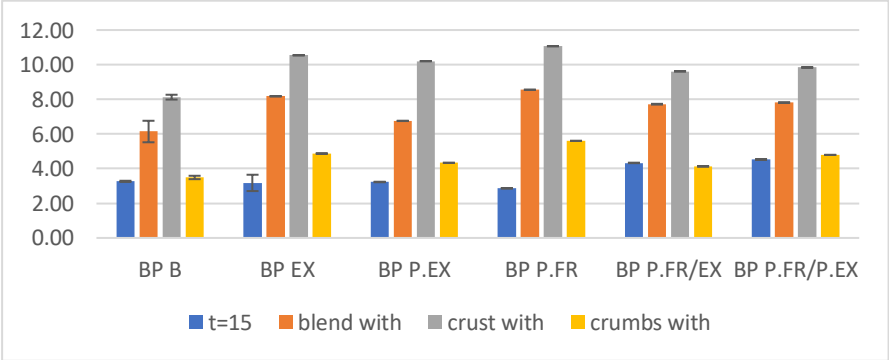
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.6: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

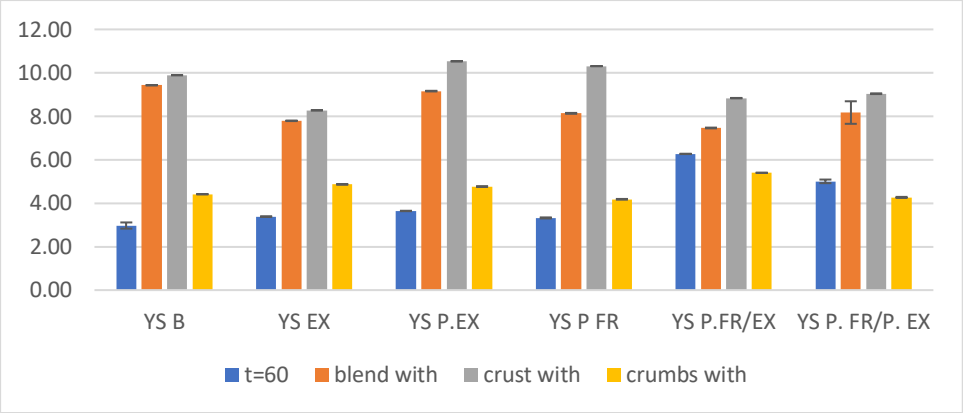
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.7: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά

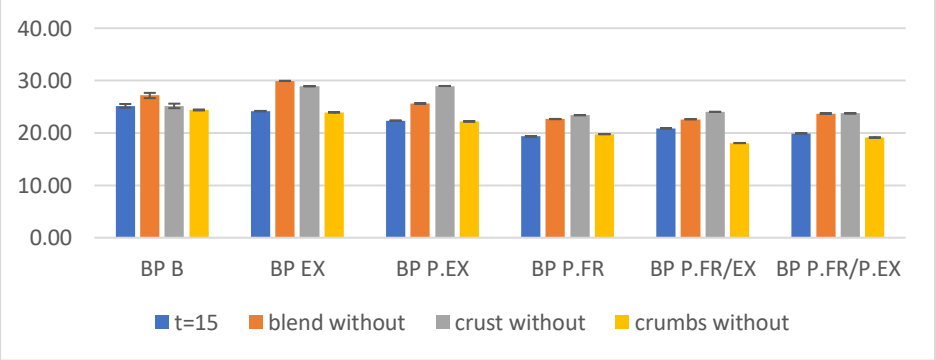


Σχ.8: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

3.1.1γ Παράμετρος β*

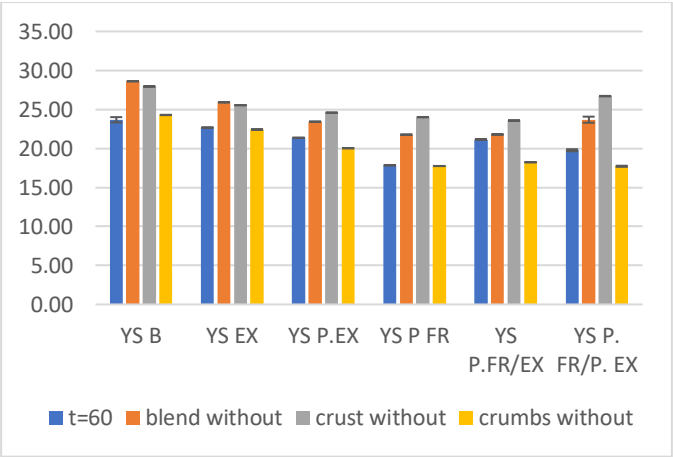
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.9: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

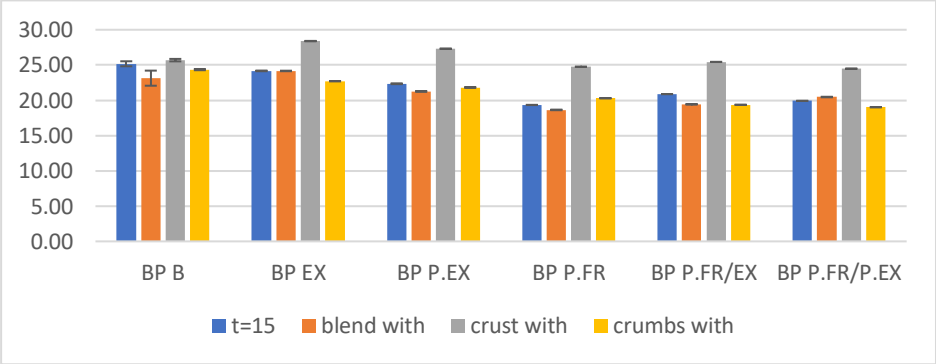
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



*Σχ.10: Τιμές παραμέτρου b*για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.11: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

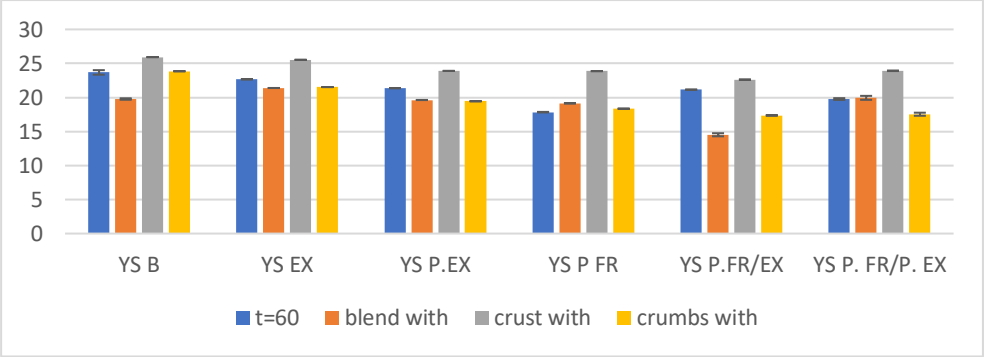
Στο ζυμάρι με τη προσθήκη των δειγμάτων, όλες οι τιμές του b μειώθηκαν και αντίστοιχα, στη σκόνη φρούτου και στους συνδυασμούς της σε κόρα και ψίχα.

Αντίθετα, στο εκχύλισμα παρατηρήθηκε μια όχι τόσο σημαντική διαφορά στο μίγμα σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό σημειώθηκε και κατά την προσθήκη εκχυλίσματος λεμονιού σε μπισκότα στους (Imeneo, Romeo, Gattuso, De Bruno, & Piscopo, 2021) αλλά έρχεται σε αντίθεση με μπισκότα με την προσθήκη εκχυλίσματος από σταφύλι (Dordoni et al., 2019), όπου το b μειωνόταν.

Στη σκόνη εκχυλίσματος τα αποτελέσματα στο μίγμα συμφωνούν με τους (Dordoni et al., 2019) και (Bender et al., 2017) που έδειξαν το κίτρινο χρώμα να μειώνεται.

Σε αντίθεση στη σκόνη φρούτου η τιμή του b στο μίγμα έφερε τη μικρότερη τιμή, αυτό έρχεται σε αντίθεση με τον (Bender et al., 2017) όπου το b αυξήθηκε.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά

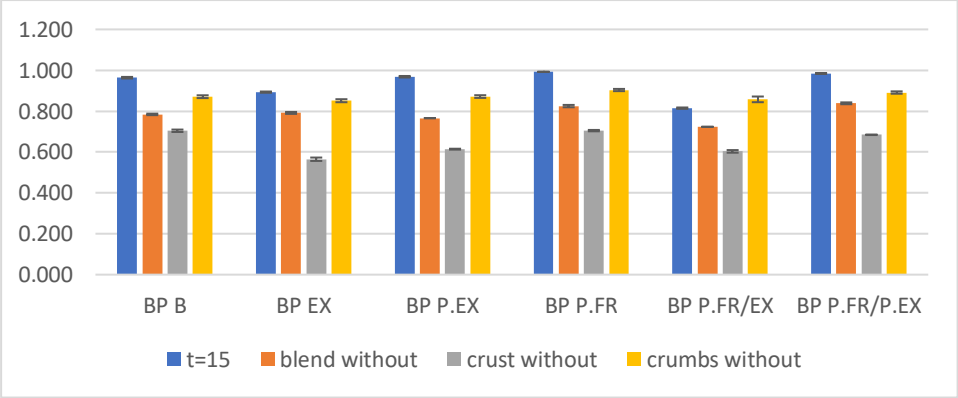


Σχ.12: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

3.1.2 Ενεργότητα ύδατος

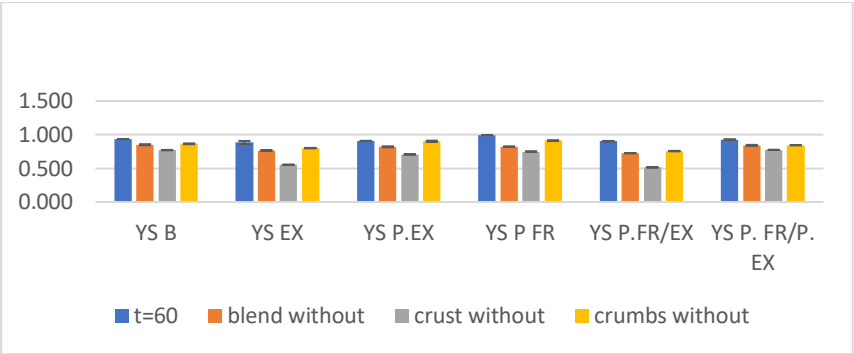
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.13: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

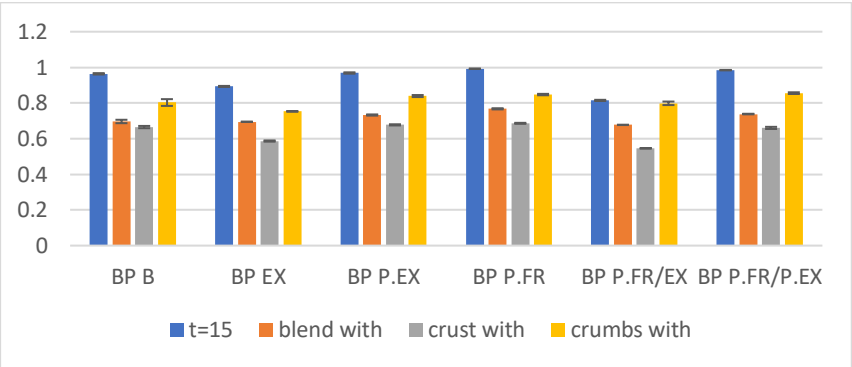
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.14: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.15: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

Στον μάρτυρα, το aw της κόρας μειώθηκε λόγω της μεγαλύτερης θερμότητας που δέχθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό από την ψίχα. Η μείωση της μπορεί να οφείλεται και στην απορρόφηση υγρασίας από το φρούτο λόγω μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε ίνες. Αυτό το καταλαβαίνουμε από την αύξηση του βάρους της σταφίδας μετά το ψήσιμο.

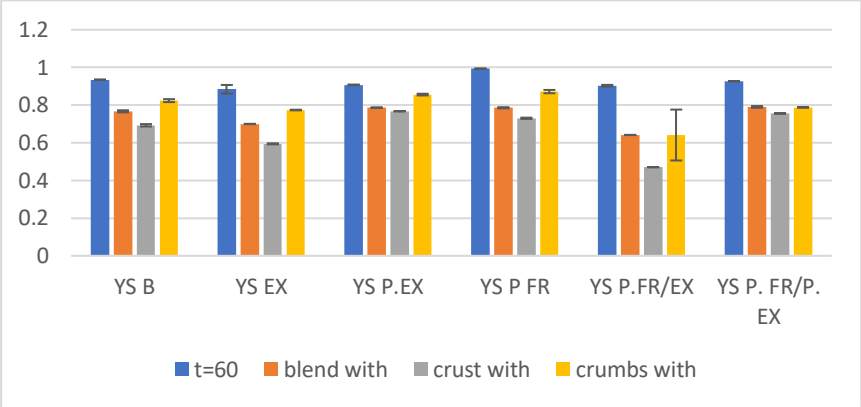
Το aw στη κόρα του εκχυλίσματος απέκτησε την μικρότερη τιμή, το ίδιο κι αν στο εκχύλισμα βάλαμε σκόνη φρούτου. Την ίδια συμπεριφορά ακολούθησε η ψίχα και το ζυμάρι αντίστοιχα. Αυτό πιθανόν να συνέβη λόγω της αιθανόλης και άρα μεγαλύτερης πτητικότητας συμπαρασύροντας και μόρια νερού μειώνοντας έτσι την ικανότητα συγκράτησης νερού.

Η σκόνη φρούτου στο ζυμάρι απέκτησε μεγαλύτερη aw από τον μάρτυρα λόγω ινών που περιέχει δίνοντας έτσι μεγαλύτερη απορρόφηση και συγκράτηση νερού. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στις ομάδες υδροξυλίου των ινών που προκαλούν μεγαλύτερη συγγένεια με το νερό (Iuga & Mironeasa, 2020). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η ενεργότητα ύδατος στη κόρα, ψίχα, μίγμα σε τιμές, υψηλότερες από τον μάρτυρα.

Αντίστοιχα, ίδια συμπεριφορά ακολούθησε και η σκόνη εκχυλίσματος λόγω κάποιων ινών που περιέχουν, αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη προσρόφηση νερού.

Όταν προστέθηκαν και οι δυο σκόνες μαζί δε παρατηρήσαμε μεγαλύτερη aw παρόλο την μεγαλύτερη ποσότητα σε ίνες. Με αυτό το αποτέλεσμα συμφωνεί και ο (Rainero & Bianchi, 2021)

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά

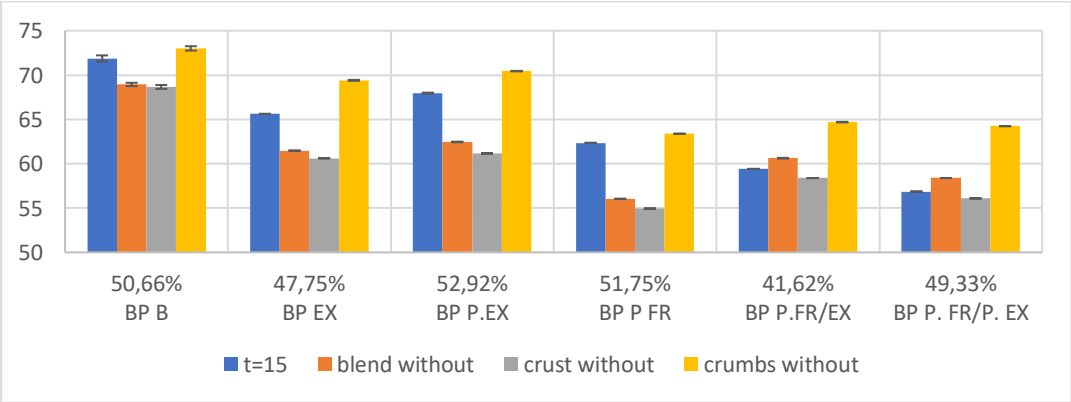


Σχ.16: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

3.1.3 Συσχέτιση Υγρασίας/Φωτεινότητας

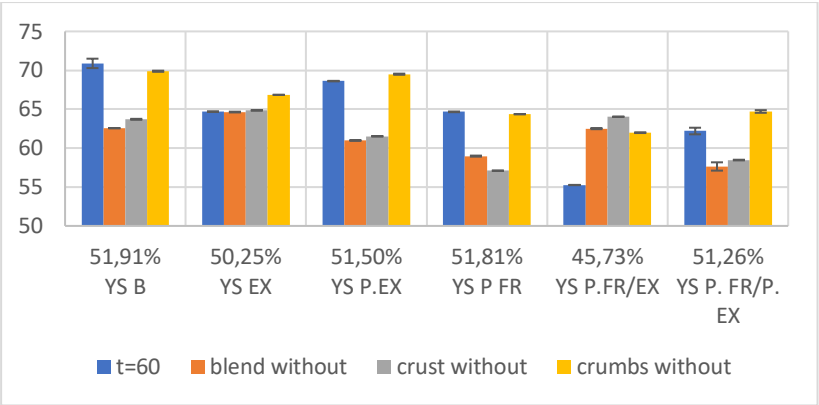
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.17: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.18: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

Το εκχύλισμα είχε μειωμένη υγρασία σχετικά με τον μάρτυρα λόγω αλκοόλης που προκάλεσε μεγαλύτερη πτητικότητα. Αυτό δε φαίνεται να επιβεβαιώνει οι (Pasukamonset et al., 2018) που σε εκχύλισμα από Clitoria ternatea σε ψωμί δεν φάνηκε μείωση στη υγρασία αλλά συμφωνεί με τη μείωση στην φωτεινότητα στη κόρα και στη ψίχα.

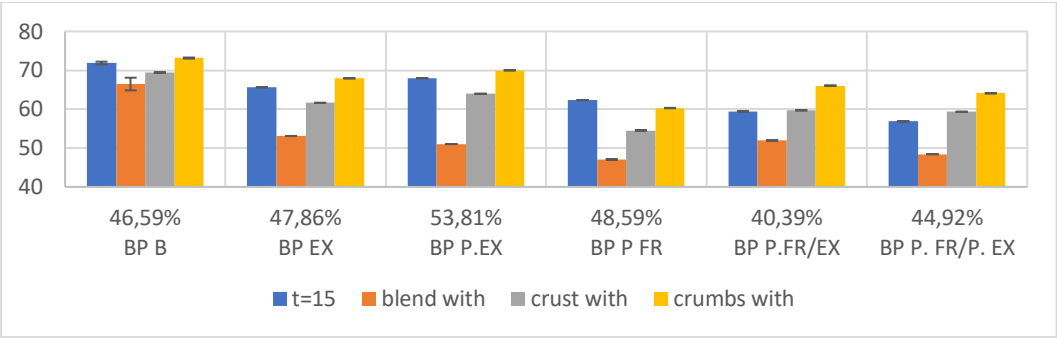
Στη περίπτωση της σκόνης φρούτου φάνηκε να μην υπάρχει μεγάλη στατιστική διαφορά στη υγρασία παρόλο που έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ίνες και ήρθε σε αντίθεση με τον (Rainero & Bianchi, 2021) αλλά συσχετίστηκε με την μικρότερη τιμή L στο μίγμα.

Ακόμη στον συνδυασμό του εκχυλίσματος και της σκόνης φρούτου βρέθηκε μικρότερη τιμή υγρασίας ,σε αντίθεση με (Pasukamonset et al., 2018; Rainero & Bianchi, 2021) που σε μεγαλύτερη ποσότητα εκχυλίσματος και σκονών, αντίστοιχα δεν φάνηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά, αλλά συμφωνούν με τη μείωση της φωτεινότητας στο μίγμα.

Στη σκόνη εκχυλίσματος η υγρασία δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά από τον μάρτυρα, αυτό συμφώνησε με τον (Walker, Tseng, Cavender, Ross, & Zhao, 2014) που δεν βρήκε να έχουν σημαντική διαφορά σε προσθήκη σταφυλιού σε ψωμί. Ακόμη, επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα στη μείωση του L σε σχέση με τον μάρτυρα στο μίγμα.

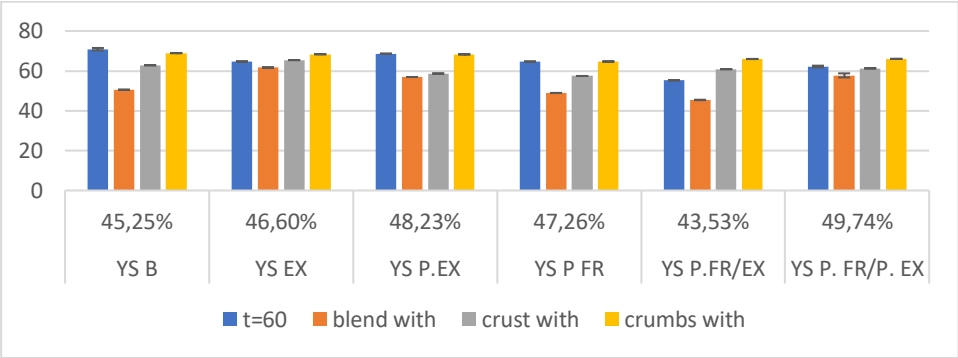
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.19: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.20: Τιμές παραμέτρου υγρασίας συσχετίζονται με την φωτεινότητα για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

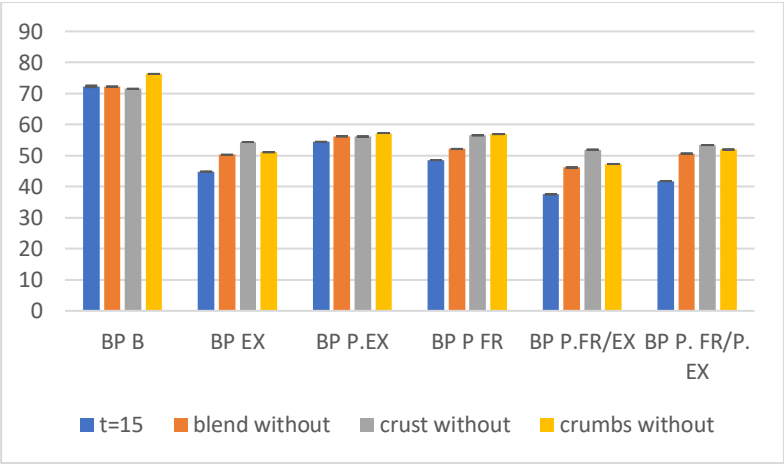
3.2 Κεράσι

3.2.1 Χρωματικοί παράμετροι

3.2.1^{α} Φωτεινότητα

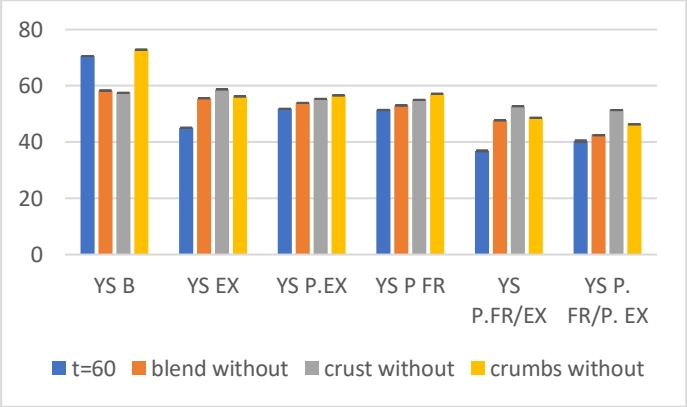
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.21: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

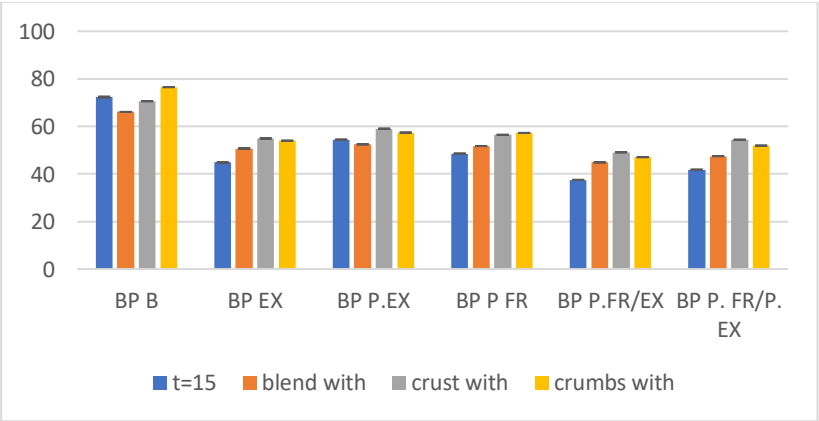
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.22: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

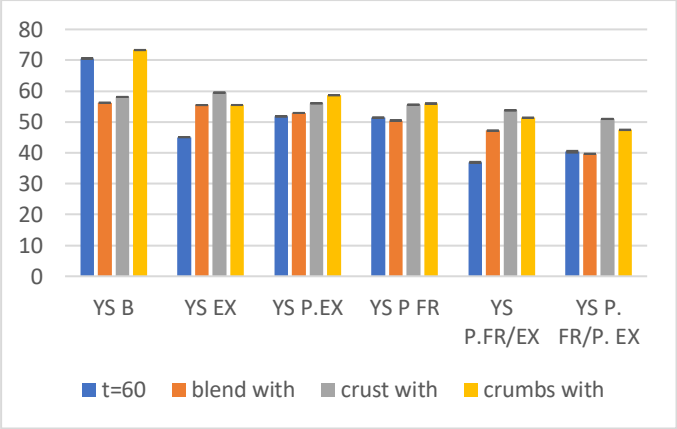
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.23: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό. ***R Square=0,982***

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.24: L με προσθήκη ξηρού φρούτου. Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

Στο ζυμάρι σε όλες τις περιπτώσεις είχαμε την χαμηλότερη τιμή φωτεινότητας στο εκχύλισμα, ενώ αυτό παρατηρήθηκε ακόμα και στα αντίστοιχα μίγματα εκτός από την περίπτωση της μαγιάς χωρίς φρούτο που δεν απέκτησε το πιο σκούρο χρώμα αλλά παρέμεινε λιγότερο σκούρο από τον μάρτυρα. Τα ψωμιά δηλαδή έγιναν πιο σκούρα ενώ τα αποτελέσματα αυτά για τη μαγιά συμφωνεί και ο (Korus et al., 2011) σε ψωμιά με εκχύλισμα φράουλας.

Η σκόνη φρούτου στη μαγιά φάνηκς να έχει την μικρότερη τιμή φωτεινότητας που αιτιολογείται από τις χαμηλές τιμές σε κόρα και ψίχα και άρα στο μίγμα. Σε αυτό συμφωνεί ο (Gumul, Korus, & Ziobro, 2020) σε ψωμιά με σκόνη από βύσσινο, και διακιολογείται λόγω του πιο σκούρου χρώματος της σκόνης με αποτέλεσμα η ψίχα να αποκτήσει αντίστοιχο χρώμα.

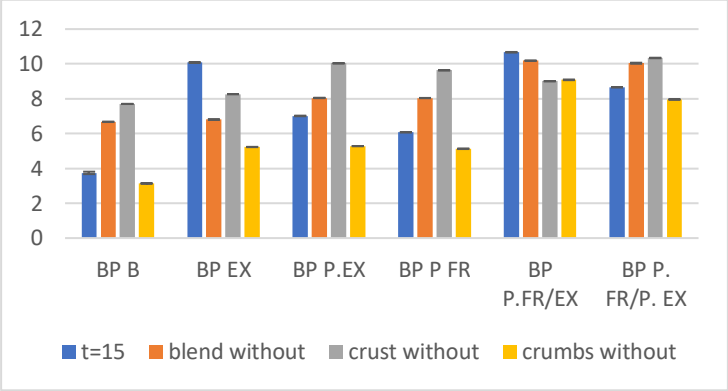
Στη περίπτωση του μπέικιν με φρούτο, η σκόνη εκχυλίσματος φάνηκε να ρίχνει την τιμή της φωτεινότητας στη ψίχα σε σχέση με την κόρα σε σύγκριση με το αντίστοιχο χωρίς. Πιθανόν λόγω της μεταφοράς ανθοκυανινών από το κεράσι στη ψίχα κατά την ανταλλαγή υγρών κάνοντας έτσι την ψίχα πιο σκούρα. Το ίδιο βλέπουμε να συμβαίνει σε κέικ και μπισκότα με αλεσμένο φρούτου, τα οποία έγιναν πιο σκούρα λόγω του πιο σκούρου χρώματος του φρούτου Cherry Laurel.(Konak, Erem, Altındağ, & Certel, 2015)

Ακόμη παρατηρούμε πιο σκούρα ψίχα και κόρα, άρα και μίγμα στις σκόνες με ή χωρίς φρούτο σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό ήρθε σε συμφωνία με τον (Şeker, Ertop, & Hayta, 2016) όπου σε φρούτο gilaburu (Viburnum opulus) , η ψίχα είχε πιο σκούρο χρώμα σχετιζόμενο με την ποσότητα. Ενώ ακόμη, προσθήκη σε μάφινς με σκόνη από goji berry το χρώμα έγινε πιο σκούρο, αντίστοιχα.(Bora et al., 2019) Η ποσοτική μείωση του L παρατηρήθηκε και στην περίπτωση μας στα δείγματα χωρίς και με φρούτο. Γενικά, το χρώμα ψίχας επηρεάστηκε τόσο από την θερμότητα όσο και από τα προστιθέμενα συστατικά.

3.2.1β Παράμετρος α*

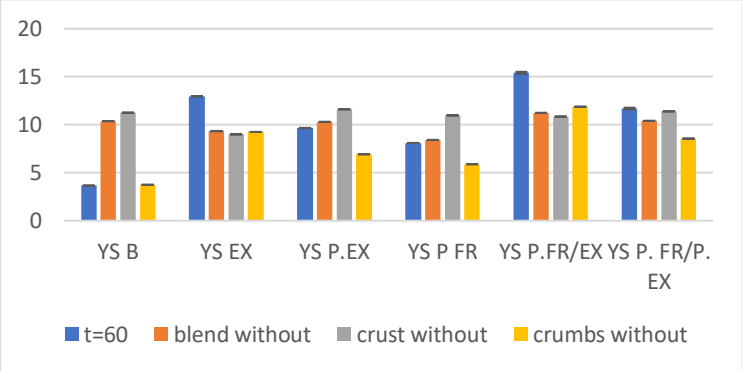
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.25:. Τιμές παραμέτρου α για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

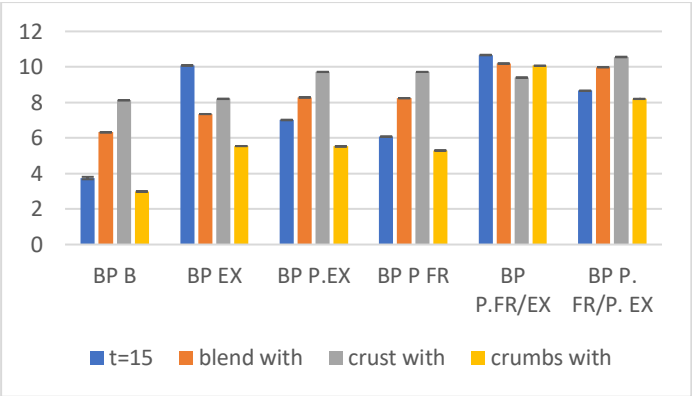
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.26: Τιμές παραμέτρου α για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

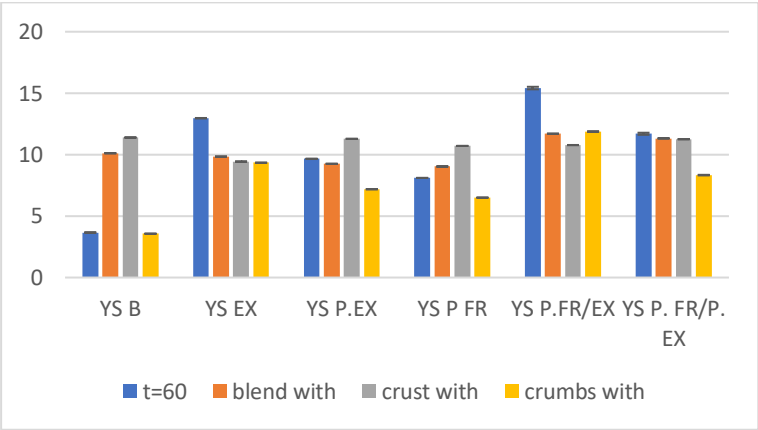
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.27: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.28: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

Παρόλο που στο ζυμάρι σε όλα τα δείγματα μπέικιν και μαγιά χωρίς και με φρούτο αυξήθηκε η ερυθρότητα στο εκχύλισμα κάτι τέτοιο δε φάνηκε να συμβαίνει στο μίγμα σε μπέικιν χωρίς και με φρούτο, αφού οι σκόνες εμφανίστηκαν να έχουν την μεγαλύτερη αύξηση. Το ίδιο είδαμε να συμβαίνει σε κέικ και μπισκότα με αλεσμένο φρούτου, στα οποία αυξήθηκε η ερυθρότητα λόγω του χρώματος από το φρούτου Cherry Laurel . Παρόμοια, και σε μπισκότα με σκόνη εκχυλίσματος από βύσσινο είχαμε αύξηση ερυθρότητας λόγω ανθοκυανινών.(Petrović et al., 2016)

Από την άλλη στη μαγιά με ή χωρίς φρούτο στο μίγμα φάνηκε η χαμηλότερη μείωση στην ερυθρότητα στη σκόνη φρούτου. Αυτό ήρθε σε αντίθεση με τον (Gumul et al., 2020) σε ψωμιά με βύσσινο όπου το κόκκινο χρώμα ήταν πιο έντονο.

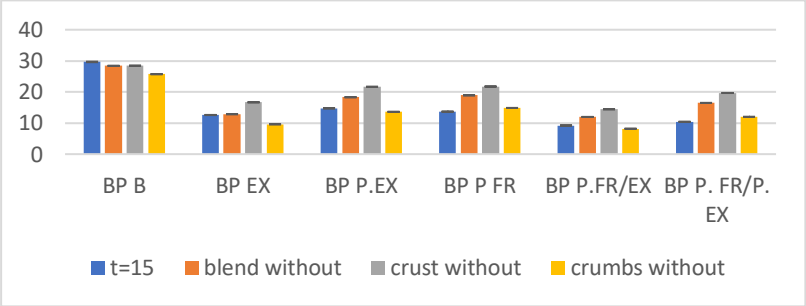
Στη ψίχα και στη κόρα στο μπέικιν με ή χωρίς φάνηκε να υπάρχουν μεγαλύτερες αυξήσεις στην ερυθρότητα στη σκόνη φρούτου. Αυτό συμφωνεί με τον (Şeker et al., 2016) όσον αφορά τη ψίχα όχι όμως στη κόρα που παρατήρησε μείωση. Γιατί ,πιθανόν, η παρουσία περισσότερων σακχάρων στις σκόνες παίρνουν μέρος στις αντιδράσεις Maillard και καραμελοποίησης και άρα δίνουν πιο κόκκινο χρώμα σε σχέση με το εκχύλισμα.

Στην περίπτωση της μαγιάς φάνηκε να υπάρχει μεγαλύτερη μείωση στο εκχύλισμα, αυτό ήρθε σε αντίθεση με τον (Korus et al., 2011) σε ψωμιά με εκχύλισμα φράουλας ενώ στη ψίχα είχε μεγαλύτερη τιμή λόγω προστασίας από την θερμότητα. Όμως, με την προσθήκη μεγαλύτερης ποσότητας πολυφαινολών στους συνδυασμούς αυξήθηκε ,όπως συμβαίνει και στον (Korus et al., 2011) ανάλογα με τη ποσότητα εκχυλίσματος.

3.2.1γ Παράμετρος β*

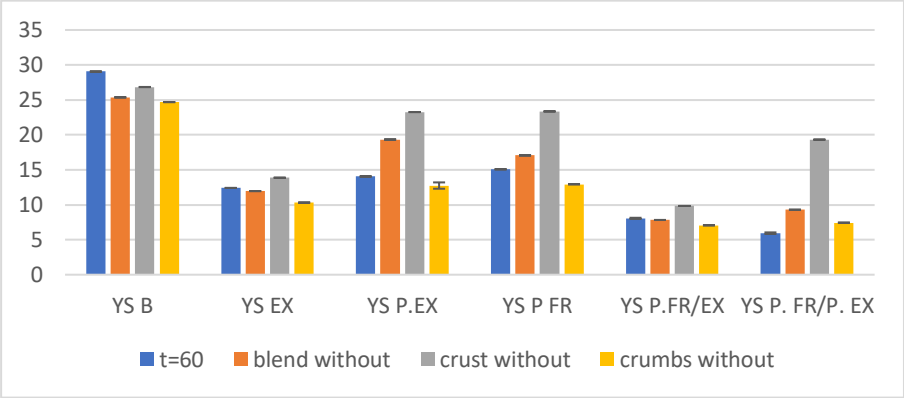
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.29:. Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

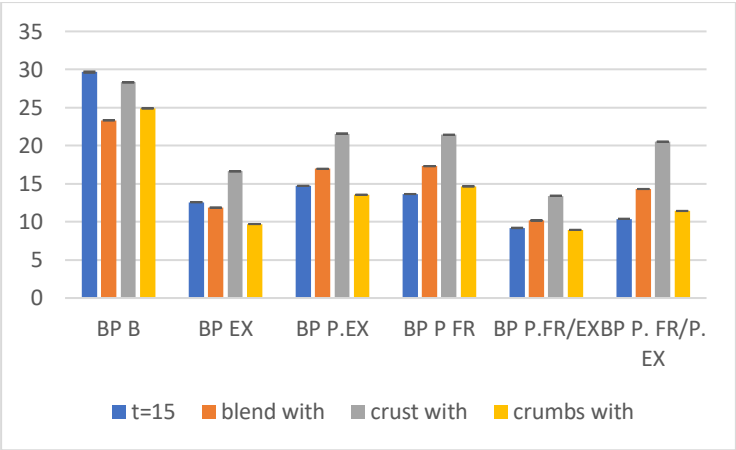
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.30: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

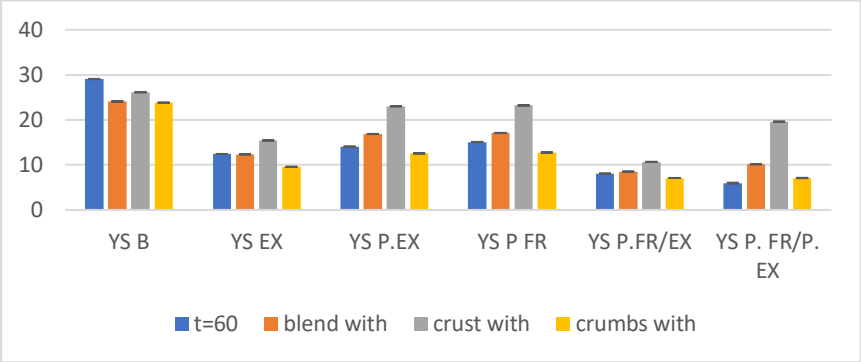
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.31: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



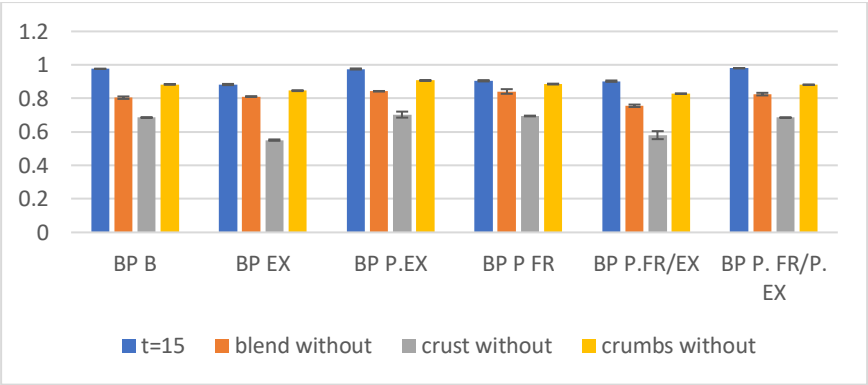
Σχ.32: . Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

Φαίνεται πως σε ζυμάρι, μίγμα, κόρα, ψίχα το λιγότερο κίτρινο χρώμα εντοπίστηκε στο εκχύλισμα σε μπέικιν και σε μαγιά. Για την περίπτωση της μαγιάς συμφωνεί και ο (Korus et al., 2011) σε ψωμιά με εκχύλισμα φράουλας σε ποσότητα 5% ενώ σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αυξήθηξε αλλά δε ξεπέρασε τον μάρτυρα, αυτό ήρθε σε αντίθεση με την μείωση του b που παρατηρήθηκε στα διαγράμματα σε μεγαλύτερες ποσότητες πολυφαινολών.

3.2.2 Ενεργότητα ύδατος

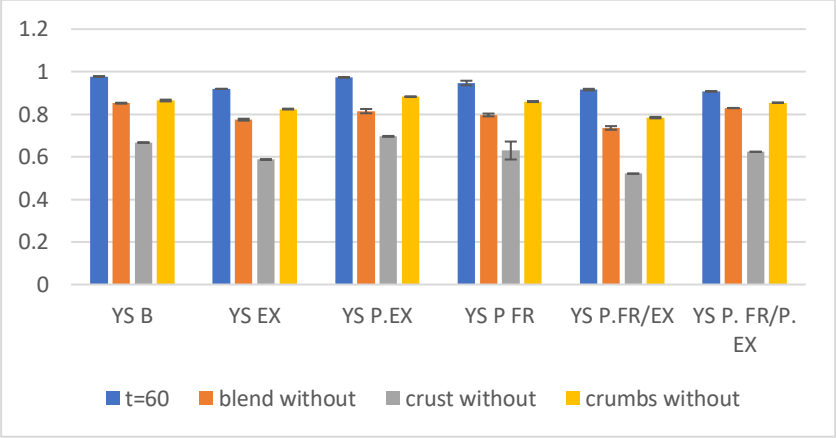
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.33:. Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό

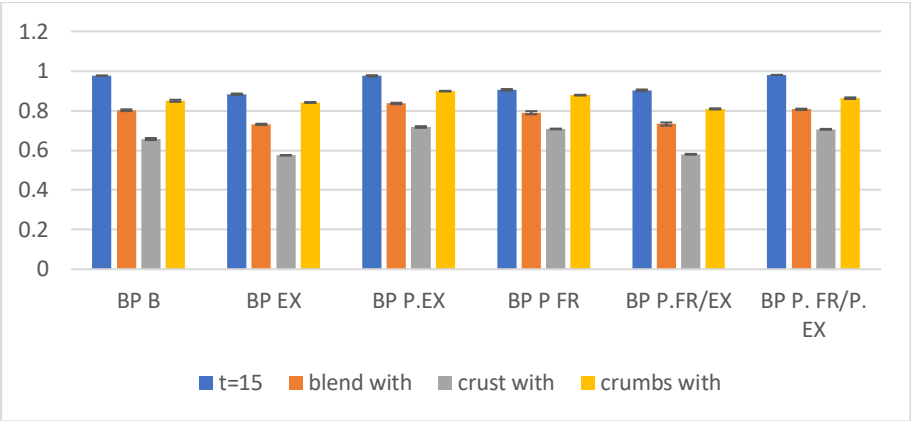
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.34: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

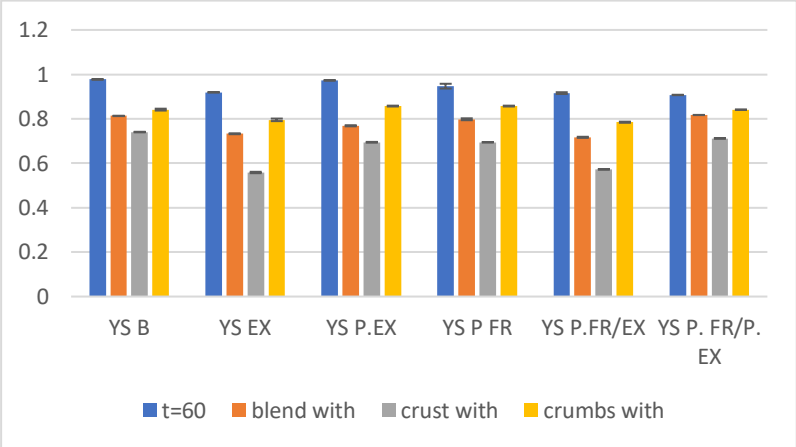
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.35: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.36:. Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

Φάνηκε πως το εκχύλισμα απέκτησε την χαμηλότερη aw στο ζυμάρι αλλά και μίγμα που δικαιολογείται από τις αντίστοιχες χαμηλές τιμές σε κόρα και ψίχα. Πιθανόν αυτό οφείλεται στην αλκοόλη που προκαλεί μεγαλύτερη πτητικότητα και συμπαρασύρει και μόρια νερού οδηγώντας σε μικρότερη συγκράτηση νερού από τα συστατικά του ζυμαριού αλλά και του ψωμιού. Η ικανότητα συγκράτησης νερού επηρεάστηκε από την ποσότητα νερού που χάνεται κατά το ψήσιμο.(Bora et al., 2019)

Οι σκόνες απέκτησαν μεγαλύτερη aw σε κόρα και ψίχα σε σχέση με τον μάρτυρα που δικαιολογεί την αυξημένη τιμή του aw στο μίγμα στη σκόνη εκχυλίσματος. Αυτό συμβαίνει λόγω των δεσμών υδρογόνου με την παρουσία των ομάδων υδροξυλίου των ινών που προκάλεσαν μεγαλύτερη συγγένεια με το νερό. Ο (Šarić et al., 2016) σε μπισκότα με προσθήκη raspberry και blueberry φάνηκε ότι η σκόνη raspberry λόγω μικρότερης δέσμευσης νερού από τις ίνες αύξησε την κατακράτηση νερού κατά το ψήσιμο.(Šarić & Dapčević-Hadnađev, 2019; Šarić et al., 2016)

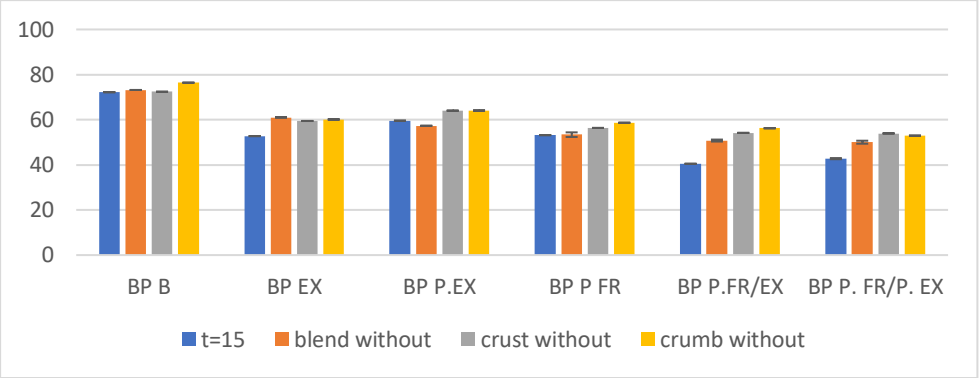
3.3 Βύσσινο

3.3. Χρωματικές παράμετροι

3.3.1α Φωτεινότητα

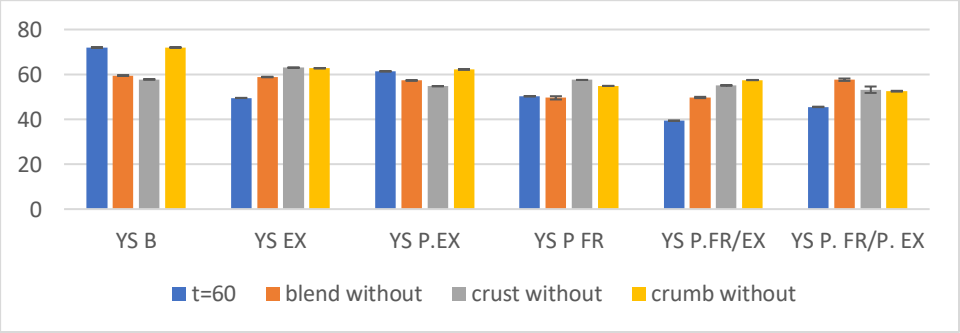
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.37 Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

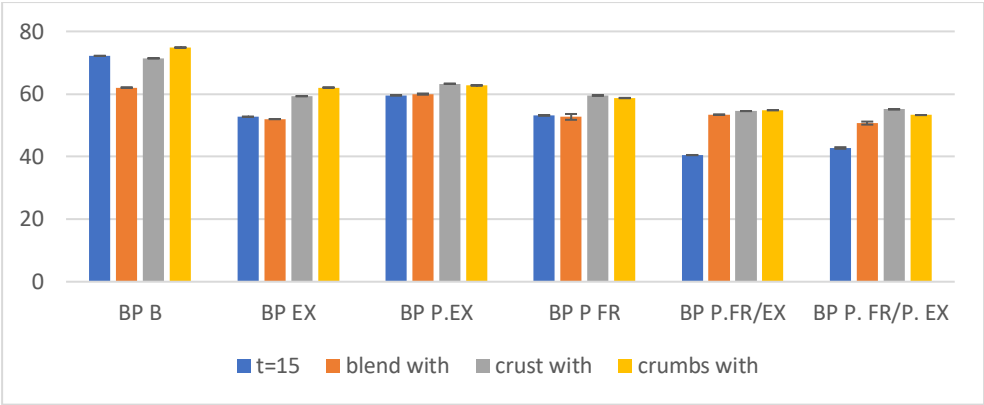
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.38: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

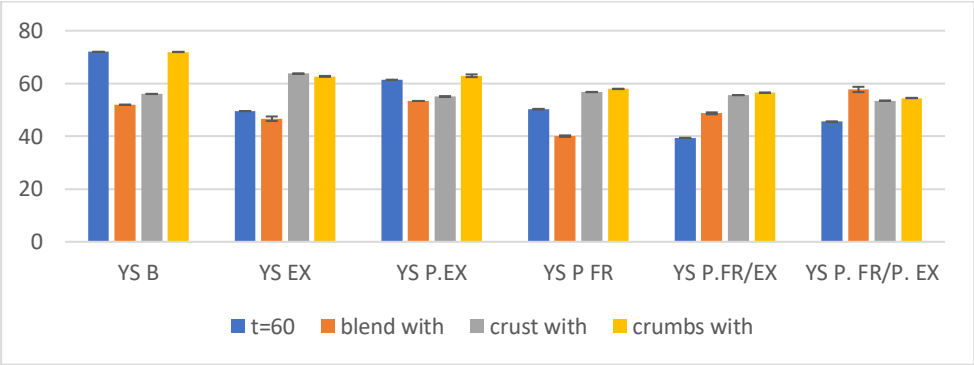
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.39: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.40: Τιμές παραμέτρου L για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

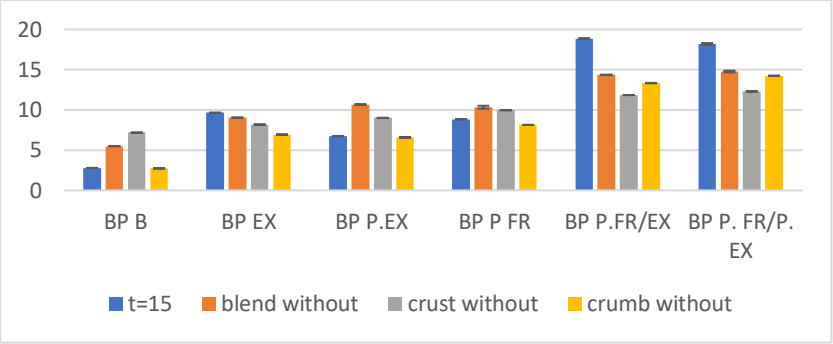
Σε μπέικιν χωρίς και με φρούτο όλα τα ζυμάρια είχαν την μικρότερη τιμή L στο εκχύλισμα. Στην περίπτωση του μπέικιν χωρίς φρούτο σε μίγμα, κόρα και ψίχα, η χαμηλότερη τιμή L προέκυψε στη σκόνη φρούτου. Σε κέικ με φρούτο gilaburu (Viburnum opulus) η τιμή L στη ψίχα μειώθηκε και έγινε πιο σκούρο, πιθανόν και από την μεγαλύτερη ποσότητα διαιτητικών ινών. Πιθανή εξήγηση για το εκχύλισμα ήταν ότι κατά την έψηση έχασε χρώμα λόγω αποσταθεροποίησης ανθοκυανινών ενώ οι σκόνες περιέχουν περισσότερα σάκχαρα που ενίσχυσαν το χρώμα λόγω αντιδράσεων Maillard.

Στο μπέικιν χωρίς σε όλα τα δείγματα η ψίχα είχε μεγαλύτερη φωτεινότητα ενώ σε εκείνα με το φρούτο οι σκόνες και ο συνδυασμός τους μείωσε την φωτεινότητα. Πιθανώς πέρασαν περισσότερες ανθοκυανίνες στο εσωτερικό της ψίχας από το φρούτο. Σε αλεσμένο κεράσι σε μπισκότα, το L μειώθηκε λόγω του σκούρου χρώματος του φρούτου.(Konak et al., 2015)

3.3.1$^{\beta}$ Παράμετρος α*

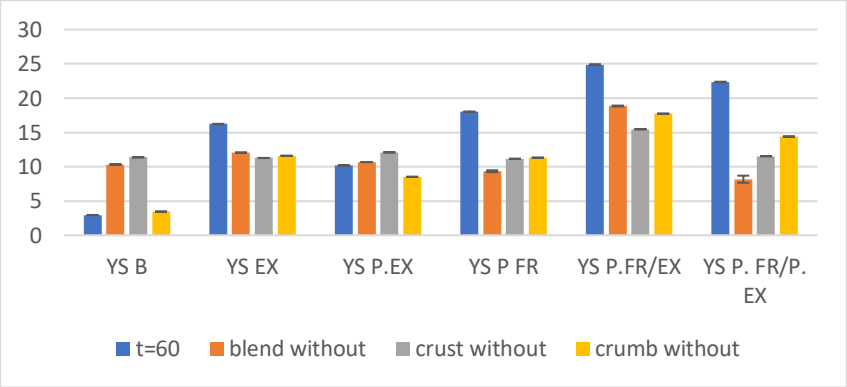
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.41 Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

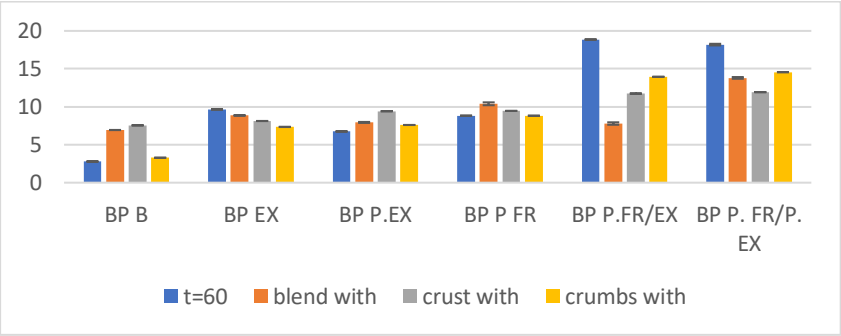
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.42: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

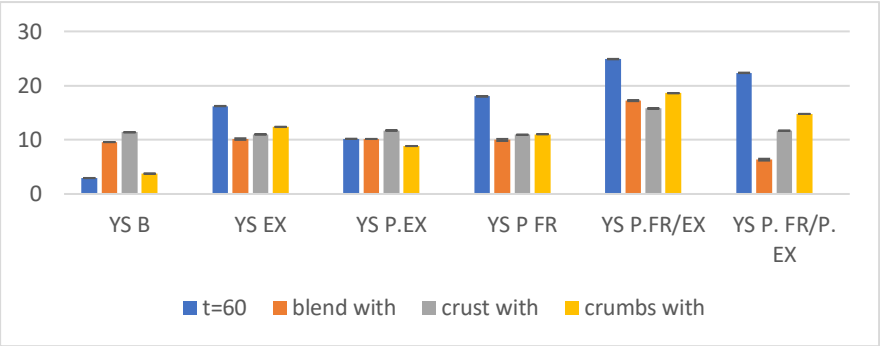
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.43: Τιμές παραμέτρου a για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.44: Τιμές παραμέτρου α για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

Στο μπέικιν ,παρόλο που, στο ζυμάρι εμφανίστηκε μεγαλύτερη ερυθρότητα στο εκχύλισμα, στο μίγμα φάνηκε πως οι σκόνες στο χωρίς φρούτο και η σκόνη φρούτου στα ψωμιά με φρούτο ,που οφείλεται από τις αντίστοιχες τιμές σε κόρα και ψίχα, φάνηκε να υπερτερούν. Πιθανόν αυτό να οφείλεται στις αντιδράσεις καραμελοποίησης και Maillard λόγω περισσότερων σακχάρων στη κόρα. Οι τιμές της κόρας ήρθαν σε αντίθεση με εκείνες του(Şeker et al., 2016) σε ψωμιά με το φρούτο gilaburu (Viburnum opulus) που φάνηκε να μειώθηκαν, αν και οι τιμές ερυθρότητας στην ψίχα αυξήθηκαν λόγω των ανθοκυανινών. Ο (Šarić et al., 2016) όπου σε προσθήκη σκόνης raspberry σε μπισκότα αύξησε το κόκκινο χρώμα λόγω των κόκκινων χρωστικών.

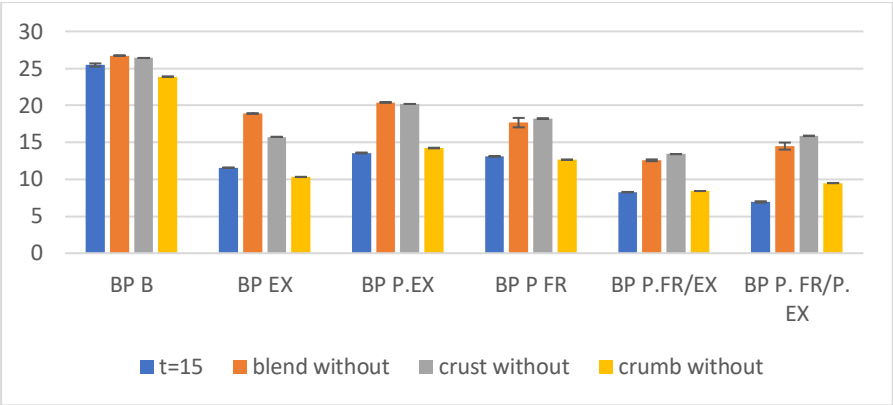
Στη μαγιά, ενώ είχαμε στο ζυμάρι μεγαλύτερη ερυθρότητα στη σκόνη φρούτου, στο μίγμα φάνηκε να παρατηρήθηκε αύξηση στο εκχύλισμα που οφείλεται πιθανόν στην αύξηση του εκχυλίσματος στη ψίχα λόγω της μεγαλύτερης προστασίας και ενυδάτωσης στο εσωτερικό του ψωμιού. Αυτό ήρθε σε συμφωνία με τον (Korus et al., 2011) σε ψωμιά με εκχύλισμα από φράουλα ενώ ακόμα συμφωνεί και με το αυξημένο a στον συνδυασμό του εκχυλίσματος με τη σκόνη φρούτου, δηλαδή με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες.(Gumul et al., 2020)

Στη μαγιά σε σύγκριση με το μπέικιν στη ψίχα παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ερυθρότητα από την κόρα σε εκχύλισμα και σκόνη φρούτου.

3.3.1γ Παράμετρος β*

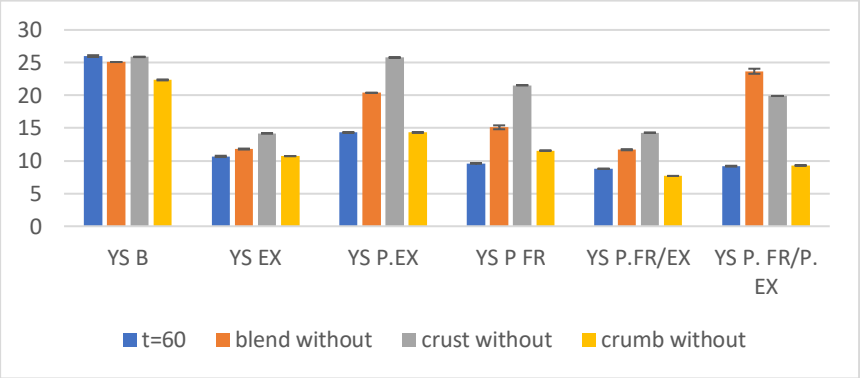
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.45: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

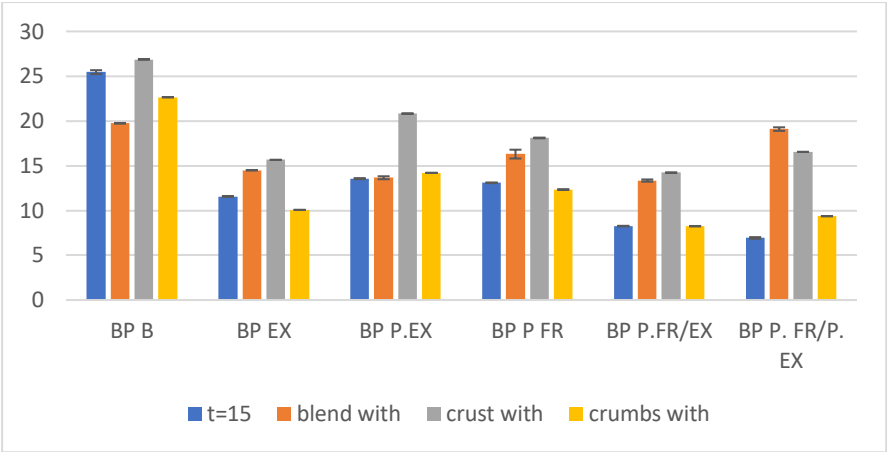
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.46: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

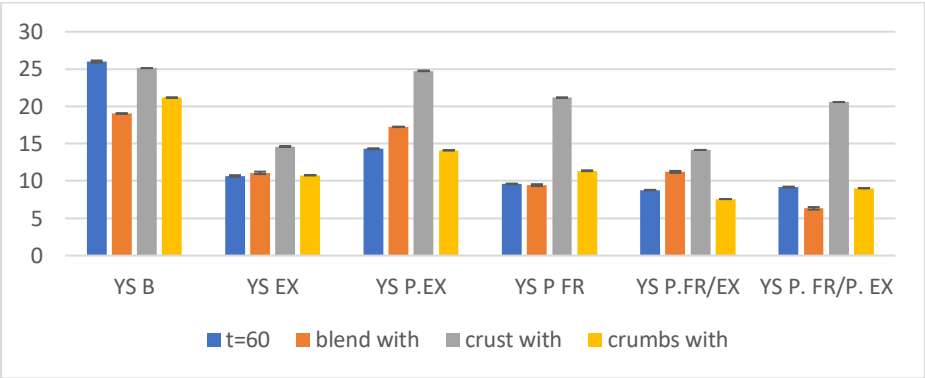
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.47: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.*

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.48: Τιμές παραμέτρου b για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό*

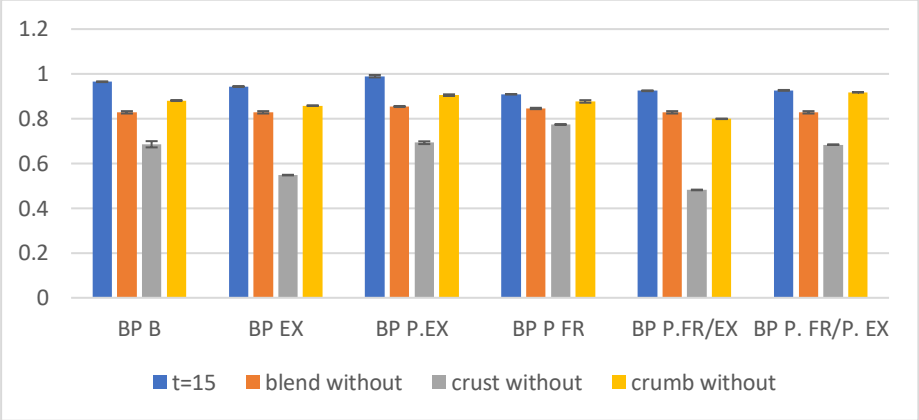
Στο μπέικιν με ή χωρίς φρούτο στο ζυμάρι, φάνηκε το κίτρινο χρώμα να ήταν λιγότερο στο εκχύλισμα. Από την άλλη, στο μίγμα αυτό παρατηρήθηκε στις σκόνες χωρίς σημαντική στατιστική διαφορά από το εκχύλισμα. Η μείωση στη ψίχα στις σκόνες σε σχέση με το μάρτυρα διαφωνεί με κέικ με σκόνη του φρούτου gilaburu (Viburnum opulus) που φάνηκε αύξηση στο κίτρινο χρώμα.(Şeker et al., 2016) Από την άλλη, σε μπισκότα ελεύθερης γλουτένης με σκόνη εκχυλίσματος από raspberry τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το κίτρινο χρώμα μειώθηκε. (Šarić et al., 2016)Στη μαγιά, η κόρα και η ψίχα αιτιολογεί μόνο την τιμή των ψωμιών χωρίς φρούτο που έδωσε το μικρότερο b στο εκχύλισμα και συμφωνεί μετά τον (Korus et al., 2011) σε ψωμιά με εκχύλισμα φράουλας σε συγκέντρωση 5%.

Το μπέικιν από το ζυμάρι στο μίγμα φάνηκε να είχε χαμηλότερη τιμή b από το ζυμάρι. Αυτό ήρθε σε αντίθεση με το μπέικιν με φρούτο και τη μαγιά που οι τιμές στο μίγμα αυξήθηκαν, στην πρώτη περίπτωση λόγω του βύσσινου και στη δεύτερη λόγω μαγιάς.

3.3.2 Ενεργότητα ύδατος

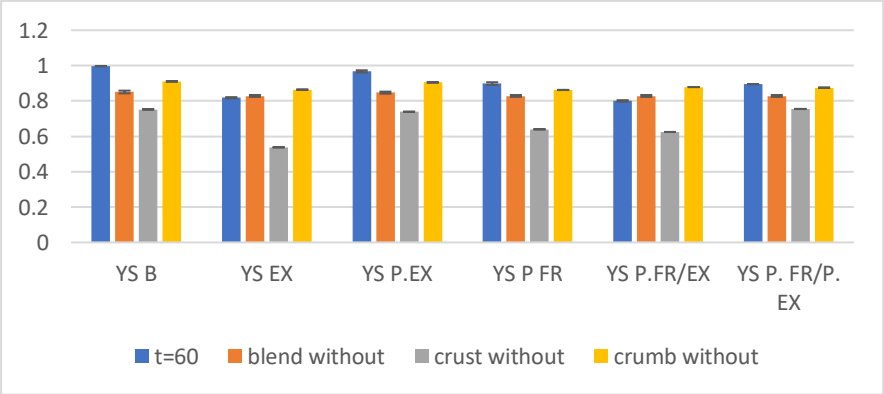
1. Αρτοσκευάσματα χωρίς προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.49: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

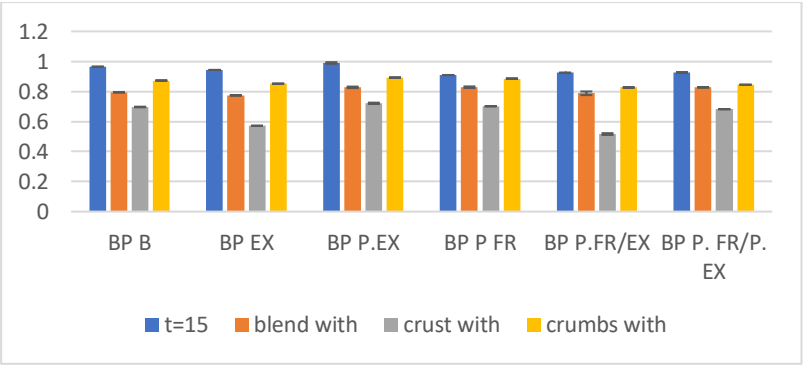
(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.50: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

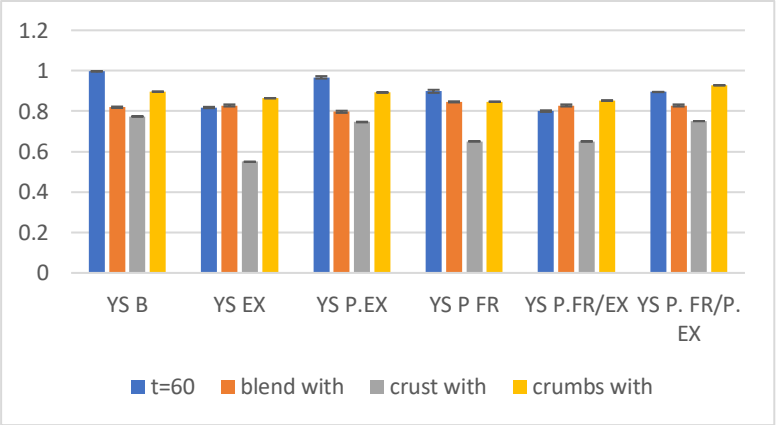
2. Αρτοσκευάσματα με προσθήκη ξηρού φρούτου

(α) Μέσο διόγκωσης Μπέικιν Πάουντερ



Σχ.51: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

(β) Μέσο διόγκωσης Μαγιά



Σχ.52: Τιμές παραμέτρου aw για τη ζύμη και το τελικό προϊόν πριν και μετά τον εμπλουτισμό.

Στο ζυμάρι σε όλες τις περιπτώσεις , το εκχύλισμα ήταν αυτό με την μικρότερη ικανότητα συγκράτησης λόγω της περιεκτικότητας σε αλκοόλ που προκαλεί πτητικότητα και άρα μειώνει το διαθέσιμο νερό. Πιθανόν μόρια νερού συμπαρασύρονται μαζί με την εξάτμιση του αλκοόλ και δικαιολογείται από τις αντίστοιχες τιμές κόρας και ψίχας.

Στην σκόνη φρούτου, οι ίνες προκάλεσαν αραίωση του πλέγματος μειώνοντας την ικανότητα συγκράτησης του νερού ενώ ακόμη οι ίνες συναγωνίστηκαν στη διαθεσιμότητα του νερού με το άμυλο και δικαιολογείται από τις χαμηλές τιμές σε κόρα και ψίχα.(Šarić & Dapčević-Hadnađev, 2019) (Bora et al., 2019)

3.5 Συζήτηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

Στον μάρτυρα, σε ζυμάρι και ψίχα η φωτεινότητα διατηρήθηκε ίδια λόγω απουσίας υψηλής θερμοκρασίας (προστασία λόγω της κόρας) ενώ η κόρα λόγω αντιδράσεων Maillard και καραμελοποίησης έγινε πιο σκούρα. Η σκόνη φρούτου σε σταφύλι, κεράσι και βύσσινο παρουσίασε πιο σκούρο χρώμα σε μπέικιν και μαγιά λόγω των χρωστικών. Επίσης, σε

βύσσινο και κεράσι οι σκόνες συσχετίστηκαν με πιο σκούρο χρώμα στη ψίχα λόγω της παρουσίας πολυφαινολών.

Ως προς την ερυθρότητα, στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρξε συσχέτιση εκχυλίσματος και αυξημένης ερυθρότητας στο κεράσι και βύσσινο και στους δύο διογκωτικούς παράγοντες. Πιο έντονη ερυθρότητα παρουσίασαν τα δείγματα που δημιουργήθηκαν με συνδυασμό εκχυλίσματος και σκόνης φρούτου ανεξάρτητα από το διογκωτικό παράγοντα.

Ο παράγοντας b* μειώθηκε με την παρουσία εκχυλίσματος τόσο στο ζυμάρι όσο και στο τελικό προϊόν και για τα τρία φρούτα.

Η ενεργότητα ύδατος μειώθηκε τόσο στο ζυμάρι όσο και στο τελικό προϊόν για τα δείγματα που περιείχαν εκχύλισμα μόνα τους ή σε συνδυασμό με σκόνη φρούτου λόγω της παρουσίας αιθανόλης. Σε όλα τα φρούτα ο εμπλουτισμός με σκόνη φρούτου συνδέθηκε με αυξημένη συγκράτηση νερού.

Σε όλα τα δείγματα η μειωμένη υγρασία επηρέασε τη φωτεινότητα του ζυμαριού και του τελικού προϊόντος δίνοντας χαμηλότερες τιμές ανεξάρτητα με το μέσο εμπλουτισμού.

Για τα δείγματα που περιείχαν κομμάτια αποξηραμένου φρούτου παρατηρήθηκε μικρότερη μείωση του ποσοστού υγρασίας στο τελικό προϊόν λόγω φαινομένων ώσμωσης ή μεταφοράς υγρασίας από το ζυμάρι στο ξηρό φρούτο.

Η παρουσία εκχυλίσματος ως μέσου εμπλουτισμού λειτούργησε ανασταλτικά στη ν ανάπτυξη των μικροοργανισμών της μαγιάς με αποτέλεσμα τη μηδενική αύξηση του όγκου των δειγμάτων. Η παρουσία χημικών διογκωτικών μέσω έδειξε να μην επηρεάζεται από την παρουσία της αιθανόλης με αποτέλεσμα να δώσει να δώσει ικανοποιητική διόγκωση Το ποσοστό της διόγκωσης επηρέασε τη φωτεινότητα των δειγμάτων για τα δείγματα με το ίδιο μέσο εμπλουτισμού..

Συμπερασματικά, η ενίσχυση ψωμιών με διάφορες μορφές εμπλουτισμού είτε σε μορφή σκόνης είτε εκχυλίσματος προκαλούν μεταβολές σε διάφορα χαρακτηριστικά στο ζυμάρι και στο τελικό προϊόν. Με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής φαίνεται ότι η παρουσία αιθανόλης στο εκχύλισμα προκαλεί μείωση στη διόγκωση σε ζυμάρι και ψημένο προϊόν. Αυτό συμβαίνει διότι η παρουσία αιθανόλης μειώνει το διαθέσιμο νερό και άρα την ενυδάτωση του αμύλου οδηγώντας σε μειωμένη διόγκωση των κόκκων αμύλου. Από την άλλη, στο κεράσι η σκόνη φρούτου λόγω περισσότερων σακχάρων προκαλεί μεγαλύτερη διόγκωση καθώς τα σάκχαρα λειτουργούν ως υγροσκοπικά μέσα, και άρα απορροφούν περισσότερο νερό προκαλώντας και μεγαλύτερη διόγκωση. Το χρώμα λόγω του εμπλουτισμού γίνεται πιο σκούρο, ερυθρό και λιγότερο κίτρινο. Τα φρούτα από μόνα τους μετά την έψηση επηρεάζουν τις χρωματικές παραμέτρους αντικατοπτρίζοντας την περιεκτικότητα των φαινολικών συστατικών.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abdel-Aal, E.-S. M., & Rabalski, I. (2013). Effect of baking on free and bound phenolic acids in wholegrain bakery products. *Journal of Cereal Science, 57*(3), 312-318. doi: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.12.001

Alfeo, V., Bravi, E., Ceccaroni, D., Perretti, G., Marconi, O., & Sileoni, V. (2020). Effect of Baking Time and Temperature on Nutrients and Phenolic Compounds Content of Fresh Sprouts Breadlike Product. *Foods, 9*(10).

Alves, G., & Perrone, D. (2015). Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. *Food Chem, 185*, 65-74.

Anderson, J. W., & Waters, A. R. (2013). Raisin consumption by humans: effects on glycemia and insulinemia and cardiovascular risk factors. *J Food Sci, 78 Suppl 1*, A11-17. doi: 10.1111/1750-3841.12071

Annunziata, G., Sureda, A., Orhan, I. E., Battino, M., Arnone, A., Jiménez-García, M., . . . Nabavi, S. M. (2021). The neuroprotective effects of polyphenols, their role in innate immunity and the interplay with the microbiota. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 128*, 437-453. doi: https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.07.004

Arfaoui, L. (2021). Dietary Plant Polyphenols: Effects of Food Processing on Their Content and Bioavailability. *Molecules, 26*(10). doi: 10.3390/molecules26102959

Azuan, A. A., Mohd Zin, Z., Mamat, H., Rusli, N. D., & Zainol, K. (2020). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies supplemented with different levels of spent coffee ground extract. *Food Research, 4*, 1181-1190. doi: 10.26656/fr.2017.4(4).058

Baiano, A., Viggiani, I., Terracone, C., Romaniello, R., & Del Nobile, M. A. (2015). Physical and sensory properties of bread enriched with phenolic aqueous extracts from vegetable wastes. *Czech Journal of Food Sciences, 33*(3), 247-253.

Baiano, A., Viggiani, I., Terracone, C., Romaniello, R., & Nobile, M. A. D. (2016). Physical and sensory properties of bread enriched with phenolic aqueous extracts from vegetable wastes. *Czech Journal of Food Sciences, 33*, 247-253.

Bell, S. J. (2011). A review of dietary fiber and health: focus on raisins. *J Med Food, 14*(9), 877-883. doi: 10.1089/jmf.2010.0215

Bender, A. B. B., Speroni, C. S., Salvador, P. R., Loureiro, B. B., Lovatto, N. M., Goulart, F. R., . . . Penna, N. G. (2017). Grape Pomace Skins and the Effects of Its Inclusion in the Technological Properties of Muffins. *Journal of Culinary Science & Technology, 15*(2), 143-157. doi: 10.1080/15428052.2016.1225535

Betoret, E., & Rosell, C. M. (2020). Enrichment of bread with fruits and vegetables: Trends and strategies to increase functionality. *Cereal Chemistry, 97*(1), 9-19. doi: https://doi.org/10.1002/cche.10204

Bora, P., Ragaee, S., & Abdel-Aal, E.-S. M. (2019). Effect of incorporation of goji berry by-product on biochemical, physical and sensory properties of selected bakery products. *LWT, 112*, 108225. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.123

Brodowska, K. M. (2017). Natural flavonoids: classification, potential role, and application of flavonoid analogues. doi: 10.5281/ZENODO.545778

Cao, H., Saroglu, O., Karadag, A., Diaconeasa, Z., Zoccatelli, G., Conte-Junior, C. A., . . . Zamarioli, C. M. (2021). Available technologies on improving the stability of polyphenols in food processing. *Food Frontiers*.

Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. d. L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chem, 113*(4), 859-871. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001

Castro-Barquero, S., Lamuela-Raventos, R. M., Domenech, M., & Estruch, R. (2018). Relationship between Mediterranean Dietary Polyphenol Intake and Obesity. *Nutrients, 10*(10). doi: 10.3390/nu10101523

Cilek, B., Luca, A., Hasirci, V., Sahin, S., & Sumnu, G. (2012). Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry pomace: effect of formulation, ultrasonication time and core to coating ratio. *European Food Research and Technology, 235*(4), 587-596. doi: 10.1007/s00217-012-1786-8

Cory, H., Passarelli, S., Szeto, J., Tamez, M., & Mattei, J. (2018). The Role of Polyphenols in Human Health and Food Systems: A Mini-Review. *Frontiers in nutrition, 5*, 87-87. doi: 10.3389/fnut.2018.00087

Cvetković, B. R., Filipčev, B. V., Bodroža-Solarov, M. I., Bardić, Ž. M., & Sakač, M. B. (2009). Chemical composition of dried fruits as a value added ingredient in bakery product. *Food and Feed research, 36*(1-2), 15-20-15-20.

de Lourdes Reis Giada, M. (2013). Food Phenolic Compounds: Main Classes, Sources and Their Antioxidant Power *Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases - A Role for Antioxidants*.

Debelo, H., Li, M., & Ferruzzi, M. G. (2020). Processing influences on food polyphenol profiles and biological activity. *Current opinion in food science, 32*, 90-102. doi: https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.001

Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J. P., Tognolini, M., Borges, G., & Crozier, A. (2013). Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxid Redox Signal, 18*(14), 1818-1892. doi: 10.1089/ars.2012.4581

Dordoni, R., Duserm Garrido, G., Marinoni, L., Torri, L., Piochi, M., & Spigno, G. (2019). Enrichment of Whole Wheat Cocoa Biscuits with Encapsulated Grape Skin Extract. *International Journal of Food Science, 2019*, 9161840. doi: 10.1155/2019/9161840

Duttaroy, A. K. (2021). Chapter 14 - Polyphenols and their antioxidant and nonantioxidant effects in health and disease. In A. K. Duttaroy (Ed.), *Evidence-Based Nutrition and Clinical Evidence of Bioactive Foods in Human Health and Disease* (pp. 191-206): Academic Press.

Dziki, D., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., & Świeca, M. (2014). Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology, 40*(1), 48-61. doi: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.010

Fraga, C. G., Croft, K. D., Kennedy, D. O., & Tomás-Barberán, F. A. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food Funct, 10*(2), 514-528. doi: 10.1039/c8fo01997e

Garcia-Montero, C., Fraile-Martinez, O., Gomez-Lahoz, A. M., Pekarek, L., Castellanos, A. J., Noguerales-Fraguas, F., . . . Ortega, M. A. (2021). Nutritional Components in Western Diet Versus Mediterranean Diet at the Gut Microbiota-Immune System Interplay. Implications for Health and Disease. *Nutrients, 13*(2). doi: 10.3390/nu13020699

Godos, J., Marventano, S., Mistretta, A., Galvano, F., & Grosso, G. (2017). Dietary sources of polyphenols in the Mediterranean healthy Eating, Aging and Lifestyle (MEAL) study cohort. *Int J Food Sci Nutr, 68*(6), 750-756. doi: 10.1080/09637486.2017.1285870

Gumul, D., Korus, A., & Ziobro, R. (2020). Extruded Preparations with Sour Cherry Pomace Influence Quality and Increase the Level of Bioactive Components in Gluten-Free Breads. *International Journal of Food Science, 2020*, 8024398. doi: 10.1155/2020/8024398

Habauzit, V., Milenkovic, D., & Morand, C. (2014). Chapter 68 - Vascular Protective Effects of Fruit Polyphenols. In R. R. Watson, V. R. Preedy & S. Zibadi (Eds.), *Polyphenols in Human Health and Disease* (pp. 875-893). San Diego: Academic Press.

Harrison, L., & Smith, R. (2016). 11 - Developing food products for consumers concerned with physical activity, sports, and fitness. In S. Osborn & W. Morley (Eds.), *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs* (pp. 215-239): Woodhead Publishing.

Heleno, S. A., Martins, A., Queiroz, M. J. R. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review. *Food Chem, 173*, 501-513. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.057

Imeneo, V., Romeo, R., Gattuso, A., Bruno, A. D., & Piscopo, A. (2021). Functionalized Biscuits with Bioactive Ingredients Obtained by Citrus Lemon Pomace. *Foods, 10*(10).

Imeneo, V., Romeo, R., Gattuso, A., De Bruno, A., & Piscopo, A. (2021). Functionalized Biscuits with Bioactive Ingredients Obtained by Citrus Lemon Pomace. *Foods, 10*(10). doi: 10.3390/foods10102460

Iuga, M., & Mironeasa, S. (2020). Potential of grape byproducts as functional ingredients in baked goods and pasta. *Compr Rev Food Sci Food Saf, 19*(5), 2473-2505. doi: 10.1111/1541-4337.12597

Kelley, D. S., Adkins, Y., & Laugero, K. D. (2018). A Review of the Health Benefits of Cherries. *Nutrients, 10*(3), 368. doi: 10.3390/nu10030368

Kent, K., Hölzel, N., & Swarts, N. (2018). Chapter 10 - Polyphenolic Compounds in Sweet Cherries: A Focus on Anthocyanins. In R. R. Watson, V. R. Preedy & S. Zibadi (Eds.), *Polyphenols: Mechanisms of Action in Human Health and Disease (Second Edition)* (pp. 103-118): Academic Press.

Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & nutrition research, 61*(1), 1361779-1361779. doi: 10.1080/16546628.2017.1361779

Konak, U. I., Erem, F., Altındağ, G., & Certel, M. (2015). Effect of Cherry Laurel (Laurocerasus officinalis Roem.) Incorporation on Physical, Textural and Functional Properties of Cakes and Cookies. *29*, 13-24.

Korus, J., Juszczak, L., Ziobro, R., Witczak, M., Grzelak-Błaszczyk, K., & Sójka, M. (2011). Defatted strawberry and blackcurrant seeds as functional ingredients of gluten-free bread. *J Texture Stud, 43*, 29-39. doi: 10.1111/j.1745-4603.2011.00314.x

Kountouri, A. M., Gioxari, A., Karvela, E., Kaliora, A. C., Karvelas, M., & Karathanos, V. T. (2013). Chemopreventive properties of raisins originating from Greece in colon cancer cells. *Food Funct, 4*(3), 366-372. doi: 10.1039/c2fo30259d

Langston, F. M. A., Nash, G. R., & Bows, J. R. (2021). The retention and bioavailability of phytochemicals in the manufacturing of baked snacks. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1-37. doi: 10.1080/10408398.2021.1971944

Martinez-Saez, N., García, A. T., Pérez, I. D., Rebollo-Hernanz, M., Mesías, M., Morales, F. J., . . . del Castillo, M. D. (2017). Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. *Food Chem, 216*, 114-122. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.173

Melini, V., Melini, F., Luziatelli, F., & Ruzzi, M. (2020). Functional Ingredients from Agri-Food Waste: Effect of Inclusion Thereof on Phenolic Compound Content and Bioaccessibility in Bakery Products. *Antioxidants, 9*(12), 1216.

Minatel, I. O., Borges, C. V., Ferreira, M. I., Gomez, H. A. G., Chen, C.-Y. O., & Lima, G. P. P. (2017). Phenolic compounds: Functional properties, impact of processing and bioavailability. *Phenolic Compd. Biol. Act, 8*, 1-24.

Nabavi, S. M., Šamec, D., Tomczyk, M., Milella, L., Russo, D., Habtemariam, S., . . . Shirooie, S. (2020). Flavonoid biosynthetic pathways in plants: Versatile targets for metabolic engineering. *Biotechnology Advances, 38*, 107316. doi: https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.005

Nakov, G., Brandolini, A., Hidalgo, A., Ivanova, N., Stamatovska, V., & Dimov, I. (2020). Effect of grape pomace powder addition on chemical, nutritional and technological properties of cakes. *LWT, 134*, 109950. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109950

Nour, V., Stampar, F., Veberic, R., & Jakopic, J. (2013). Anthocyanins profile, total phenolics and antioxidant activity of black currant ethanolic extracts as influenced by genotype and ethanol concentration. *Food Chem, 141*(2), 961-966. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.105

Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods-The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods, 9*(10). doi: 10.3390/foods9101488

Olson, R., Gavin-Smith, B., Ferraboschi, C., & Kraemer, K. (2021). Food Fortification: The Advantages, Disadvantages and Lessons from Sight and Life Programs. *Nutrients, 13*(4), 1118. doi: 10.3390/nu13041118

Osorio, L. L. D. R., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Molecules, 26*(2), 515.

Ou, J. (2021). Incorporation of polyphenols in baked products. *Adv Food Nutr Res, 98*, 207-252. doi: 10.1016/bs.afnr.2021.02.009

Ou, J., Teng, J., El-Nezami, H. S., & Wang, M. (2018). Impact of resveratrol, epicatechin and rosmarinic acid on fluorescent AGEs and cytotoxicity of cookies. *Journal of Functional Foods, 40*, 44-50. doi: https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.10.042

Ou, J., Wang, M., Zheng, J., & Ou, S. (2019). Positive and negative effects of polyphenol incorporation in baked foods. *Food Chem, 284*, 90-99. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.096

Panagopoulou, E. A., & Chiou, A. (2019). Corinthian raisins (Vitis vinifera L., var. Apyrena) antioxidant and sugar content as affected by the drying process: a 3-year study. *99*(2), 915-922. doi: 10.1002/jsfa.9263

Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid Med Cell Longev, 2*(5), 270-278. doi: 10.4161/oxim.2.5.9498

Pap, N., Fidelis, M., Azevedo, L., Carmo, M. A. V., Wang, D., Mocan, A., . . . Granato, D. (2021). Berry polyphenols and human health: evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects. *Current opinion in food science, 42*, 167-186.

Pasqualone, A., Bianco, A. M., Paradiso, V. M., Summo, C., Gambacorta, G., & Caponio, F. (2014). Physico-chemical, sensory and volatile profiles of biscuits enriched with grape marc extract. *Food Research International, 65*, 385-393. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.014

Pasukamonset, P., Pumalee, T., Sanguansuk, N., Chumyen, C., Wongvasu, P., Adisakwattana, S., & Ngamukote, S. (2018). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of sponge cakes fortified with Clitoria ternatea extract. *Journal of Food Science and Technology, 55*, 2881-2889.

Peng, X., Ma, J., Cheng, K.-W., Jiang, Y., Chen, F., & Wang, M. (2010). The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chem, 119*(1), 49-53. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.083

Perez-Gregorio, R., Soares, S., Mateus, N., & de Freitas, V. (2020). Bioactive Peptides and Dietary Polyphenols: Two Sides of the Same Coin. *Molecules, 25*(15). doi: 10.3390/molecules25153443

Petrović, J., Lončarević, I., Šaponjac, V. T., Pajin, B., & Zarić, D. (2016). Physical characteristics of cookies enriched with microencapsulated cherry pomace extract. *International Journal of Nutrition and Food Engineering, 10*(4), 223-226.

Rainero, G., & Bianchi, F. (2021). Breadstick fortification with red grape pomace: effect on nutritional, technological and sensory properties. doi: 10.1002/jsfa.11596

Rodríguez De Luna, S. L., Ramírez-Garza, R. E., & Serna Saldívar, S. O. (2020). Environmentally Friendly Methods for Flavonoid Extraction from Plant Material: Impact of Their Operating Conditions on Yield and Antioxidant Properties. *The Scientific World Journal, 2020*, 6792069. doi: 10.1155/2020/6792069

Rothwell, J. A., Perez-Jimenez, J., Neveu, V., Medina-Remón, A., M'Hiri, N., García-Lobato, P., . . . Scalbert, A. (2013). Phenol-Explorer 3.0: a major update of the Phenol-Explorer database to incorporate data on the effects of food processing on polyphenol content. *Database, 2013*, bat070. doi: 10.1093/database/bat070

Salehi, F., & Aghajanzadeh, S. (2020). Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science & Technology, 95*, 162-172. doi: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.011

Santos-Buelga, C., Gonzalez-Manzano, S., & Gonzalez-Paramas, A. M. (2021). Wine, Polyphenols, and Mediterranean Diets. What Else Is There to Say? *Molecules, 26*(18). doi: 10.3390/molecules26185537

Šarić, B., & Dapčević-Hadnađev, T. (2019). Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: Effect on dough rheology and cookie baking properties. *50*(2), 124-130. doi: 10.1111/jtxs.12374

Šarić, B., Mišan, A., Mandić, A., Nedeljković, N., Pojić, M., Pestorić, M., & Đilas, S. (2016). Valorisation of raspberry and blueberry pomace through the formulation of value-added gluten-free cookies. *J Food Sci Technol, 53*(2), 1140-1150. doi: 10.1007/s13197-015-2128-1

Seetal, P. (2011). Effect of baking on antioxidant activity: Bakery. *South African Food Review, 38*(8), 22-23.

Şeker, İ., Ertop, M., & Hayta, M. (2016). Physicochemical and bioactive properties of cakes incorporated with gilaburu fruit (Viburnum opulus) pomace. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 8*(2), 261-266.

Serra-Majem, L., Tomaino, L., Dernini, S., Berry, E. M., Lairon, D., Ngo de la Cruz, J., . . . Trichopoulou, A. (2020). Updating the Mediterranean Diet Pyramid towards Sustainability: Focus on Environmental Concerns. *Int J Environ Res Public Health, 17*(23). doi: 10.3390/ijerph17238758

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods, 18*, 820-897. doi: https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018

Shen, Y., Chen, G., & Li, Y. (2018). Bread characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products of white pan bread containing various sugars. *LWT, 95*, 308-315. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.008

Singh, M., Thrimawithana, T., Shukla, R., & Adhikari, B. (2020). Managing obesity through natural polyphenols: A review. *Future Foods, 1-2*, 100002. doi: https://doi.org/10.1016/j.fufo.2020.100002

Slavin, J. L. (2008). Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc, 108*(10), 1716-1731. doi: 10.1016/j.jada.2008.08.007

Šporin, M., Avbelj, M., Kovač, B., & Možina, S. S. (2017). Quality characteristics of wheat flour dough and bread containing grape pomace flour. *Food Science and Technology International, 24*(3), 251-263. doi: 10.1177/1082013217745398

Stromsnes, K., Mas-Bargues, C., Gambini, J., & Gimeno-Mallench, L. (2020). Protective Effects of Polyphenols Present in Mediterranean Diet on Endothelial Dysfunction. *Oxid Med Cell Longev, 2020*, 2097096. doi: 10.1155/2020/2097096

Tolve, R., Simonato, B., Rainero, G., Bianchi, F., Rizzi, C., Cervini, M., & Giuberti, G. (2021). Wheat Bread Fortification by Grape Pomace Powder: Nutritional, Technological, Antioxidant, and Sensory Properties. *Foods, 10*(1), 75.

Trujillo-Mayol, I., Guerra-Valle, M., Casas-Forero, N., Sobral, M. M. C., Viegas, O., Alarcon-Enos, J., . . . Pinho, O. (2021). Western Dietary Pattern Antioxidant Intakes and Oxidative Stress: Importance During the SARS-CoV-2/COVID-19 Pandemic. *Adv Nutr, 12*(3), 670-681. doi: 10.1093/advances/nmaa171

Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients, 2*(12), 1231-1246. doi: 10.3390/nu2121231

Tumbas Šaponjac, V., Ćetković, G., Čanadanović-Brunet, J., Pajin, B., Djilas, S., Petrović, J., . . . Vulić, J. (2016). Sour cherry pomace extract encapsulated in whey and soy proteins: Incorporation in cookies. *Food Chem, 207*, 27-33. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.03.082

Uraku, A. (2015). *Nutritional Potential Of Citrus Sinensis And Vitis Vinifera Peels*.

Vuolo, M. M., Lima, V. S., & Maróstica Junior, M. R. (2019). Chapter 2 - Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. In M. R. S. Campos (Ed.), *Bioactive Compounds* (pp. 33-50): Woodhead Publishing.

Walker, R., Tseng, A., Cavender, G., Ross, A., & Zhao, Y. (2014). Physicochemical, nutritional, and sensory qualities of wine grape pomace fortified baked goods. *J Food Sci, 79*(9), S1811-1822. doi: 10.1111/1750-3841.12554

Wang, S., & Zhu, F. (2018). Quality attributes of bread fortified with staghorn sumac extract. *49*(1), 129-134. doi: 10.1111/jtxs.12283

Xu, J., Wang, W., & Li, Y. (2019). Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. *Journal of Functional Foods, 52*, 629-639. doi: https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.052