

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ»

Ευθυμία Παρθενοπούλου

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ελένη Καλογιάννη

Θεσσαλονίκη 2023

Περιεχόμενα

[Κατάλογος Σχημάτων 3](#_Toc147762406)

[Κατάλογος Πινάκων 4](#_Toc147762407)

[1. Πρόλογος Ευχαριστίες 5](#_Toc147762408)

[2. Περίληψη - Abstract 6](#_Toc147762409)

[3.Βιβλιογραφική ανασκόπηση 8](#_Toc147762410)

[3.1 Μήλο 8](#_Toc147762411)

[3.1.1 Ιστορική αναδρομή 8](#_Toc147762412)

[3.1.2 Ο καρπός 9](#_Toc147762413)

[3.1.3 Διατροφική αξία 10](#_Toc147762414)

[3.1.4 Οφέλη στην ανθρώπινη υγεία 11](#_Toc147762415)

[3.1.5 Ποικιλία Fuji 11](#_Toc147762416)

[3.1.6 Ποικιλία Starking Delicius 12](#_Toc147762417)

[3.2 Αποξηραμένα φρούτα 13](#_Toc147762418)

[3.2.1 Ιστορική αναδρομή 13](#_Toc147762419)

[3.2.2 Τι είναι τα αποξηραμένα φρούτα 13](#_Toc147762420)

[3.2.3 Παραγωγή αποξηραμένων φρούτων 14](#_Toc147762421)

[3.24 Μέθοδος αποξήρανσης 15](#_Toc147762422)

[3.2.5 Κατανάλωση αποξηραμένων φρούτων και οφέλη για την υγεία 17](#_Toc147762423)

[3.3 Μεταβολές ποιότητας φρούτων και λαχανικών κατά την ξήρανση. 18](#_Toc147762424)

[3.4 Ξήρανση και σταθερότητα τροφίμων 20](#_Toc147762425)

[3.5 Επίδραση μεθόδων και παραμέτρων ξήρανσης κατά την αποξήρανση μήλων 21](#_Toc147762426)

[3.5.1 Επίδραση διαφόρων μεθόδων ξήρανσης 21](#_Toc147762427)

[3.5.2 Επίδραση διαφόρων μεθόδων ξήρανσης και διαφόρων διαλυμμάτων προεπεξεργασίας 27](#_Toc147762428)

[3.5.3 Επίδραση της προεπεξεργασίας 30](#_Toc147762429)

[3.5.4 Επίδραση ωριμότητας, χρόνου αποθήκευσης στην ποιότητα των αποξηραμένων φρούτων 32](#_Toc147762430)

[3.5.5 Αποξηραμένα Φρούτα και Ανθρώπινη Υγεία 33](#_Toc147762431)

[4. Σκοπός της έρευνας 35](#_Toc147762432)

[5. Υλικά και Μέθοδοι 36](#_Toc147762433)

[5.1 Προετοιμασία δειγμάτων 36](#_Toc147762434)

[5.2 Ξήρανση των μήλων 36](#_Toc147762435)

[5.3 Οργανοληπτικός έλεγχος – γευστική και οπτική δοκιμή 37](#_Toc147762436)

[5.4 Στατιστική Ανάλυση 38](#_Toc147762437)

[6. Αποτελέσματα και Συζήτηση 39](#_Toc147762438)

[6.1 Αποτελέσματα 39](#_Toc147762439)

[6.2 Συζήτηση 49](#_Toc147762440)

[7. Βιβλιογραφία 53](#_Toc147762441)

[8. Παράρτημα 59](#_Toc147762442)

# Κατάλογος Σχημάτων

[Σχήμα 1. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα 39](#_Toc133180447)

[Σχήμα 2. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά του χρώματος. 39](#_Toc133180448)

[Σχήμα 3. Διαφορές μεταξύ μέσων όρων για το χρώμα. 40](#_Toc133180449)

[Σχήμα 4. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα 41](#_Toc133180450)

[Σχήμα 5. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά του αρώματος. 41](#_Toc133180451)

[Σχήμα 6. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα 42](#_Toc133180452)

[Σχήμα 7. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά της οξύτητας. 43](#_Toc133180453)

[Σχήμα 8. Διαφορές μεταξύ μέσων όρων για την οξύτητα. 44](#_Toc133180454)

[Σχήμα 9. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα 44](#_Toc133180455)

[Σχήμα 10.Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά της γλυκύτητας. 45](#_Toc133180456)

[Σχήμα 11.Διαφορές μεταξύ μέσων όρων για την γλυκύτητα. 46](#_Toc133180457)

[Σχήμα 12. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα 46](#_Toc133180458)

[Σχήμα 13. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά της αρεστότητας. 47](#_Toc133180459)

# Κατάλογος Πινάκων

[Πίνακας 1. Διατροφική Αξία Μήλου 10](#_Toc133422370)

[Πίνακας 2. Πειραματικές Μεταχειρίσεις. 37](#_Toc133422371)

[Πίνακας 3. Πειραματικές μεταχειρίσεις τις οποίες δοκίμασε κάθε δοκιμαστής. 37](#_Toc133422372)

[Πίνακας 4. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στο χρώμα των μήλων. 40](#_Toc133422373)

[Πίνακας 5. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στο άρωμα των μήλων. 42](#_Toc133422374)

[Πίνακας 6. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην οξύτητα των μήλων. 43](#_Toc133422375)

[Πίνακας 7. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην γλυκύτητα των μήλων. 45](#_Toc133422376)

[Πίνακας 8. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην αρεστότητα των μήλων. 47](#_Toc133422377)

[Πίνακας 9. Μέσοι όροι από τις μετρήσεις της αρεσκείας ανάλογα με την προεπεξεργασία σε διαφορετικές συγκεντρώσεις κιτρικού οξέος, την θερμοκρασία επεξεργασίας και την ποικιλία των χρησιμοποιούμενων μήλων. 48](#_Toc133422378)

# 1. Πρόλογος Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνές Πανεπιστημίου της Ελλάδος. Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά την επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μου εργασίας και καθηγήτρια., κ. Ελένη Καλογιάννη για την συνεργασία, τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα θέμα που με ενδιέφερε αλλά και για όλες τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μου διατριβής.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Γούλα Αθανάσιο και τον Ομότιμο Καθηγητή κ Πετρίδη Δημήτρη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την οικογένεια μου για την ανιδιοτελή στήριξη που μου παρείχε σε όλη αυτή την προσπάθεια, καθώς χωρίς την δική τους συμβολή τίποτα δεν θα ήταν εφικτό.

# 2. Περίληψη - Abstract

**Περίληψη**

Η σημαντικότητα και η ευρεία εξάπλωση και χρήση των μήλων σε συνδυασμό με την αναγκαιότητα της διατήρησης των τροφίμων οδηγεί στην ανάγκη για την εύρεση αποτελεσματικών τρόπων για την διατήρηση τους, με την ξήρανση των τροφίμων και συγκεκριμένα των μήλων αποτελεί σημαντικό κομμάτι στην επιστήμη των τροφίμων. Έτσι, στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής δουλειάς διερευνήθηκε η επίδραση δύο διαφορετικών μέσων προεπεξεργασίας (κιτρικό οξύ 0,5% και κιτρικό οξύ 5%) και δύο διαφορετικών θερμοκρασιών (45 oC και 65 oC) ξήρανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, άρωμα, οξύτητα, γλυκύτητα, αρεστότητα και αρέσκεια) των αποξηραμένων φετών μήλων. Με βάση λοιπόν την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως η προσθήκη οξέος 5% οδήγησε σε εντονότερο χρώμα, ενώ ταυτόχρονα η προεπεξεργασία με μεγαλύτερη ποσότητα κιτρικού οξέος 5% οδήγησε σε αύξηση της οξύτητας κυρίως στην ποικιλία Fuji. Παράλληλα, η γλυκύτητα μειώνεται, όσο αυξάνεται η προστιθέμενη ποσότητα κιτρικού οξέος. Όσον αφορά τις παραμέτρους του αρώματος και της αρεστότητας δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικώς σημαντική επίδραση. Τέλος, όσον αφορά την αρέσκειαφαίνεται πως οι δοκιμαστές έδειξαν προτίμηση στα μήλα της ποικιλίας Fuji τα οποία προπεξεργάστηκαν με προσθήκη κιτρικού οξέος 0,5% και ξηράνθηκαν σε θερμοκρασία 45 oC.

**Λέξεις κλειδιά**: Μήλα, Ξήρανση με θερμότητα, Προεπεξεργασία, Κιτρικό Οξύ, Θερμοκρασία

**Abstract**

The importance and wide spread and use of apples combined with the necessity of food preservation leads to the need to find effective ways to preserve them, with the drying of food and specifically apples being an important part of food science. Thus, in the context of the present research work, the effect of two different pretreatment means (0.5% citric acid and 5% citric acid) and two different dry temperatures (45 oC and 65 oC) on the quality characteristics (color, aroma, acidity, sweetness, pleasantness and liking) of dried apple slices. Based on the analysis of the results, it follows that the addition of 5% acid led to a more intense color, while at the same time the pretreatment with a larger amount of citric acid 5% led to an increase in acidity mainly in the Fuji variety. At the same time, the sweetness decreases as the added amount of citric acid increases. Regarding the aroma and pleasantness parameters, no statistically significant effect was observed. Finally, regarding liking, statistically significant differences are observed and it seems that the testers showed a preference for the Fuji variety apples which were pre-treated with the addition of 0.5% citric acid and dried at a temperature of 45 oC.

**Keywords**: Apples, Heat drying, Pretreatment, Citric Acid, Temperature

# 3.Βιβλιογραφική ανασκόπηση

## 3.1 Μήλο

Τα μήλα αποτελούν ένα από τα πιο γνωστά φρούτα στον άνθρωπο. Το επιστημονικό όνομα της μηλιάς είναι το *Malus domestica* Borkh, ενώ πολλές φορές αναφέρεται ως «ο βασιλιάς των Φρούτων» και ανήκει στην οικογένεια Rocaceae. Πρόκειται για φυλλοβόλο δέντρο και καλλιεργείται κυρίως σε εύκρατες ζώνες με την κατανάλωση του προορίζεται είτε ως νωπού φρούτου είτε ως επεξεργασμένο τρόφιμο αυτούσιο, είτε ως πρώτη ύλη για την παραγωγή άλλων τροφίμων (Charrier et al., 2015; Charrier et al., 2017).

Σε παγκόσμια κλίμακα και πιο συγκεκριμένα κατά το έτος 2022, η πρώτη σε παραγωγή χώρα στον κόσμο είναι η Κίνα με 45.973.000 τόνους, ενώ στην δεύτερη θέση κατατάσσονται σε παραγωγή οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με 12.277.000 τόνους μήλα. Αμέσως μετά ακολουθούν η Τουρκία, οι ΗΠΑ, η Ινδία, το Ιράν, η Ρωσία, η Νότια Αφρική, η Ουκρανία και η Χιλή (Statista, 2022). Όσον αφορά την χώρα μας, κατά το έτος 2021, η παραγωγή σε μήλα ήταν στους 281590 τόνους (FAOSTAT, 2023). Οι κύριες μηλοπαραγωγικές περιοχές στην χώρα μας είναι οι Περιφερειακές ενότητες Καστοριάς, Κοζάνης, Πέλλας, Ημαθίας και οι Περιφερειακές Ενότητες Μαγνησίας και Λάρισας (Faniadis, 2017).

### 3.1.1 Ιστορική αναδρομή

Η μηλιά έχει βαθιά τις ρίζες της στην ιστορία και είναι γνωστή μάλιστα από τους προϊστορικούς χρόνους τόσο σε καλλιεργούμενη μορφή όσο και σε άγρια αυτοφυή μορφή στο φυσικό περιβάλλον και αποτελεί ένα εμβληματικό δέντρο. Οι πρώτες αναφορές για την μηλιά εντοπίζονται σε περιοχές που τοποθετούνται νότια της περιοχής του Καυκάσου και πιο συγκεκριμένα στα βουνά Tian Shan στην κεντρική Ασία, οπού μάλιστα εικάζεται πως είναι και ο τόπος καταγωγής της. Καλλιεργείται τόσο στην Ασία όσο και στην Ευρώπη από την αρχαιότητα ακόμη, ενώ η πρώτη αναφορά έχει γίνει από τον Θεόφραστο μόλις το 3ο αιώνα π.Χ. Βέβαια από έρευνες έχει προκύψει πως υπολείμματα μήλων έχουν αναφερθεί σε ιστορικές τοποθεσίες που χρονολογούνται ακόμη και 6500 χρόνια π.Χ (Cornille et al., 2019; Κorban et al., 2021).Στην κλασσική εποχή, μάλιστα η καλλιέργεια των μήλων επεκτάθηκε κατά μήκος των εμπορικών δρόμων γνωστού και ως «Δρόμου του Μεταξιού» που συνέδεε την Ασία με την Ευρώπη όπου ξεκίνησε και η πιο ευρεία εξάπλωση της καλλιέργειας (Cornille et al., 2019).Ο Θεόφραστος μάλιστα σε αναφορές του κάνει λόγο πως ο Μέγας Αλέξανδρος έφερε τα μήλα στην Ελλάδα, περιγράφοντας και έξι διαφορετικές ποικιλίες μήλων στην αρχαία Ελλάδα. Αργότερα, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν πως οι Ρωμαίοι εισήγαγαν αρκετές από τις σημερινές ποικιλίες μήλων στα Βρετανικά νησιά, ενώ στην συνέχεια φαίνεται πως Καναδοί άποικοι, εισήγαγαν το φρούτο στην Βόρεια Αμερική, με τον πρώτο μάλιστα εμπορικό οπωρώνα μήλων να ιδρύεται στις ΗΠΑ κατά το 1600 περίπου Cornille et al., 2021).

Ως κατά συνέπεια η ευρεία και ταχύτατη εξάπλωση των μήλων μέσω των διαφόρων εμπορικών δρόμων βοήθησε στην εγκατάσταση της καλλιέργειας και σε άλλες περιοχές όπως η Αμερική, την Αυστραλία κλπ. Αυτό σε συνδυασμό με την ευρεία προσαρμοστικότητα της καλλιέργειας αλλά και την δημιουργία νέων ποικιλιών μήλων πέρα από τις τοπικές ποικιλίες που καλλιεργούνταν στις διάφορες περιοχές, κατέστησε την καλλιέργεια ως μία από τις δυναμικότερες και σημαντικότερες στον πλανήτη. Έτσι, η καλλιέργεια της μηλιάς είναι μία καλλιέργεια που επιλέγεται και καλλιεργείται σε χώρες όπως ο Καναδάς, οι ΗΠΑ, οι χώρες της Λατινικής Αμερικής, οι χώρες της Ευρώπης και της Ασίας, η Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία αλλά και η Ν. Αφρική (Cornille et al., 2019; Κorban et al., 2021). Πλέον, χιλιάδες ποικιλίες μήλων καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο για την παραγωγή φρούτων υψηλής ποιότητας για την νωπή κατανάλωση, ενώ από αυτά παράγονται μία σειρά από διάφορα επεξεργασμένα τρόφιμα όπως ποτά ή κάποια άλλα επεξεργασμένα τρόφιμα (Cornille et al., 2019).

### 3.1.2 Ο καρπός

Ο καρπός του μήλου είναι ένα σαρκώδες φρούτο, στο οποίο η ωριμασμένη ωοθήκη και ο περιβάλλοντας ιστός γίνονται σαρκώδεις και βρώσιμοι. Κατά την συγκομιδή τα μήλα είναι συνήθως στρόγγυλα, διαμέτρου 5 έως10 εκατοστών ανάλογα με την ποικιλία, ενώ το χρώμα τους μπορεί να είναι από πράσινο ή κίτρινο έως και κόκκινο, με ή χωρίς χρωματικές διαβαθμίσεις οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με την ποικιλία. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες ποικίλουν ανάλογα με την χρήση των μήλων. Στην πρώτη κατηγορία συγκαταλέγονται ποικιλίες που προορίζονται για την παραγωγή μηλίτη, στην δεύτερη οι ποικιλίες που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη σε τρόφιμα, γλυκά κλπ, και η τρίτη κατηγορία σε αυτές που προορίζονται για νωπή κατανάλωση και ως επιδόρπιο. Οι διάφορες ποικιλίες μπορεί να διαφέρουν ως προς το χρώμα, το μέγεθος, το άρωμα, την τραγανότατα, την γλυκύτητα, την οξύτητα κλπ. Όσον αφορά την διατηρησιμότητα των καρπών φαίνεται πως οι όψιμες ποικιλίες παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο διατήρησης (Britannica, 2023).

### 3.1.3 Διατροφική αξία

Έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες που καταδεικνύουν την υψηλή διατροφική αξία των φρούτων και των λαχανικών. Αποτελούν σημαντική πηγή φυτικών ινών, βιταμινών, πολυφαινόλων αλλά και ανόργανων στοιχείων (Vicente et al., 2009). Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τα μήλα, η διατροφική τους αξία είναι εξίσου σημαντική. Έτσι σύμφωνα με το USDA (2018), παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας με την διατροφική αξία των μήλων ανά 100gr προϊόντος (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Διατροφική Αξία Μήλου

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Διατροφική Αξία Μήλου** | | | |
| **Συστατικά** | **Περιεκτικότητα ανά 100gr** | **Συστατικά** | **Περιεκτικότητα ανά 100gr** |
| Νερό | 85,6 gr | Υδατάνθρακες | 13,8 gr |
| Ενέργεια | 52 kcal | Σάκχαρα ολικά | 10,4 gr |
| Πρωτεϊνη | 0,26 gr | Γλυκόζη | 2,43 gr |
| Λίπη | 0,17 gr | Φρουκτόζη | 5,9 gr |
| **Μέταλλα - Ιχνοστοιχεία** | | | |
| **Συστατικά** | **Περιεκτικότητα ανά 100gr** | **Συστατικά** | **Περιεκτικότητα ανά 100gr** |
| Κάλιο | 107 mg | Σίδηρος | 0,12 mg |
| Φώσφορος | 11 mg | Ψευδάργυρος | 0,04 mg |
| Μαγνήσιο | 5 mg | Μαγγάνιο | 0,035 mg |
| Ασβέστιο | 6 mg | Χαλκός | 0,027 mg |
| Νάτριο | 1 mg | Σελίνιο | 0 mg |
| **Βιταμίνες** | | | |
| **Συστατικά** | **Περιεκτικότητα ανά 100gr** | **Συστατικά** | **Περιεκτικότητα ανά 100gr** |
| Βιταμίνη C | 4,6 mg | Θειαμίνη Β1 | 0,017 mg |
| Βιταμίνη Α | 54 IU | Ριβοφλαβίνη Β2 | 0,026 mg |
| Νιασίνη Β3 | 0,091 mg | Βιταμίνη Ε | 0,18 mg |
| Κοβαλαμινη Β12 | 0 mg | Φυλλικό οξύ Β9 | 0 mg |
| Πυριδοξίνη Β6 | 0,041 mg | Βιταμίνη Κ | 2,2 mg |

Όσον αφορά τις πολυφαινόλες φαίνεται πως τα μήλα περιέχουν υψηλά ποσοστά φλαβανόλων, υδροξυκινναμικών οξέων, διυδροχαλκόνων και ανθοκυάνων που εντοπίζονται κυρίως στην κόκκινη φλούδα (Sandoval – Ramirez et al., 2020).

### 3.1.4 Οφέλη στην ανθρώπινη υγεία

Τα φρούτα και τα λαχανικά καταναλώνονται ευρέως και ανά πάσα στιγμή από τον άνθρωπο λόγω του βολικού μεγέθους τους αλλά και του ότι αποτελεί ένα εξαιρετικό σνακ μεταξύ των γευμάτων (Vincente et al., 2009). Τα μήλα καταναλώνονται εκτός από φρέσκα αλλά και ως επεξεργασμένα τρόφιμα ή ως μέρος άλλων τροφίμων ανάλογα με τα γούστα του καταναλωτή (Guo et al., 2017). Εξαιτίας λοιπόν της σημαντικότητας των μήλων στην διατροφή του ανθρώπου έχουν γίνει πολυάριθμες έρευνες που σχετίζονται με τα οφέλη τους στην ανθρώπινη υγεία. Από έρευνες λοιπόν, έχει προκύψει πως η κατανάλωση μήλων βοηθάει στην καλή καρδιαγγειακή υγεία, στην μείωση του βάρους λόγω της ικανότητας των μήλων να προκαλούν κορεσμό στο στομάχι αποφεύγοντας την μεγάλη κατανάλωση τροφών, στην μείωση εμφάνισης του μεταβολικού συνδρόμου, στην πρόληψη του καρκίνου, στην υγεία των πνευμόνων, στην μείωση εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 εξαιτίας των αντιοξειδωτικών ουσιών που περιέχουν τα μήλα (HSPH, 2023).

Χαρακτηριστικά αξίζει να αναφερθεί πως όσον αφορά τα καρδιαγγειακά προβλήματα, φαίνεται σύμφωνα με τους Sandoval – Ramirez et al. (2020), πως μειώνεται ο κίνδυνος υπέρτασης τόσο στις γυναίκες όσο και στους άντρες, μείωσηκατά 12% της θνησιμότητας τόσο αντρών όσο και γυναικών κάτι που επιβεβαιώνεται από έρευνα των Arts et al. (2001), μείωση καρδιαγγειακών νοσημάτων και εγκεφαλικών επεισοδίων κλπ. Επιπλέον, όσον αφορά την πρόληψη του καρκίνου σύμφωνα με τους Jedrychwski et al. (2010), όπως αναφέρουν στο European Journal of Cancer Prevention, η κατανάλωση ενός μόνο μήλου την ημέρα θα μπορούσε να μειώσει την εμφάνιση καρκίνου του παχέος εντέρου στο ένα τρίτο. Επιπλέον φαίνεται πως είναι επίσης πολυάριθμες οι έρευνες που συσχετίζουν την μείωση εμφάνισης καρκίνων του παγκρέατος, του πνεύμονα, του στήθους κ.α. με την κατανάλωση μήλων σε καθημερινή βάση, κάτι που αποδίδεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή και αντιοξειδωτικές ουσίες (Jedrychwski et al., 2010).

### 3.1.5 Ποικιλία Fuji

Πρόκειται για μία ποικιλία που αρχικά αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία στα τέλη της δεκαετίας του 1930 κα πήρε το όνομα του από το διάσημο όρος Fuji. Αργότερα, την δεκαετία του 1980 έκανε την εμφάνιση της στις ΗΠΑ. Ουσιαστικά, αποτελεί μία διασταύρωση μεταξύ δύο Αμερικανικών ποικιλιών μήλων της Virginia Ralls Genet και της Red Delicius (NCSU, 2023; USApple, 2023).

Πρόκειται για μία αρκετά διαδεδομένη ποικιλία στην χώρα μας. Αποτελεί όψιμη ποικιλία και η συγκομιδή της τοποθετείται ανάλογα με την περιοχή κατά τον Σεπτέμβριο και Οκτώβριο. Χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη ποιότητα καρπών, στρογγυλού χρώματος και το μέγεθος των οποίων είναι μεσαίο έως μεγάλο (Εικόνα 1). Το χρώμα τους είναι κιτρινοκόκκινο κα η δημοτικότητα της ποικιλίας οφείλεται κυρίως στην γλυκιά γεύση της και στην τραγανότητα της. Τα δέντρα χαρακτηρίζονται από ζωηρή ανάπτυξη, με τον καρπό να είναι μέσου έως μεγάλου μεγέθους (NCSU, 2023; USApple, 2023).



Εικόνα 1. Μήλο Fuji (Πηγή: Apples from NY, 2023).

### 3.1.6 Ποικιλία Starking Delicius

Η ποικιλία Starking Delicius είναι μία ιδιαίτερα διαδεδομένη ποικιλία η οποία προέρχεται από την αρχική ποικιλία Red Delicius. Η ποικιλία βρέθηκε κατά το 1921 από τον Lewis Mood στο Monroeville του New Jersey και εισήχθη αργότερα το 1924 από το Stark Brothers Nursery of Louisiana στο Μισσούρι των ΗΠΑ (Apple University, 2023).

Είναι όψιμη ποικιλία που συγκομίζεται προς τα τέλη του Οκτώβρη. Η γεύση της είναι ιδιαίτερη και πολύπλοκη, καθώς βγάζει μία γλυκιά γεύση με νότες μελιού. Η σάρκα της ποικιλίας χαρακτηρίζεται από τραγανότητα και είναι ιδιαίτερα ζουμερή. Το σχήμα του καρπού είναι στενόμακρο μεγάλου μεγέθους, ενώ το χρώμα του καρπού είναι σκούρο κόκκινο με ρίγες (Εικόνα 2) (Apple University, 2023).



Εικόνα 2. Μήλο Starking Delicious (Πηγή: Fresh Fruit Turkey, 2023).

# 3.2 Αποξηραμένα φρούτα

### 3.2.1 Ιστορική αναδρομή

Μερικές από τις παλαιότερες καταγραφές αποξηραμένων φρούτων βρίσκονται σε πήλινες πλάκες και σε τοιχογραφίες που χρονολογούνται ήδη από το 2000-1700 π.Χ. στη Μεσοποταμία. Επιπλέον, υπάρχουν πολλές αναφορές για τα ξερά σύκα και τις σταφίδες στη Βίβλο. Από εκεί, τα αποξηραμένα φρούτα συνέχιζαν να βγαίνουν προς τις χώρες του δυτικού κόσμου. Μέχρι σήμερα, οι σταφίδες αποτελούν το νούμερο ένα αποξηραμένο φρούτο που καταναλώνεται σε όλο τον κόσμο και μπορεί να είναι το παλαιότερο αποξηραμένο φρούτο που είναι γνωστό στην ιστορία, έπονται οι χουρμάδες, ενώ ακλουθούν τα δαμάσκηνα. Άλλα δημοφιλή αποξηραμένα φρούτα περιλαμβάνουν τα μήλα, τα βερίκοκα κ.α (Statista, 2022a).

Από ότι φαίνεται οι άνθρωποι ένιωσαν την ανάγκη από πολύ νωρίς στην ιστορία να συντηρήσουν την τροφή τους καθώς πολλές από αυτές ήταν δύσκολο να καταναλωθούν άμεσα και φυσικά έπρεπε να βρουν τρόπους να εξασφαλίσουν τροφή για μέρες του χρόνου που η διαθέσιμη τροφή θα ήταν πολύ μικρότερη. Έτσι από τους αρχαίους ακόμη χρόνους, ο ήλιος και ο άνεμος κατείχαν σημαντικό ρόλο στην αποξήρανση των φρούτων (Sadler et al., 2019; Bozkir et al., 2020).

### 3.2.2 Τι είναι τα αποξηραμένα φρούτα

Ο όρος αποξηραμένα φρούτα περιλαμβάνει μία σειρά από διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας. Τα παραδοσιακά, συμβατικά αποξηραμένα φρούτα όπως οι χουρμάδες, τα σύκα, τα δαμάσκηνα, οι σταφίδες, τα βερίκοκα, τα μήλα και τα αχλάδια δεν έχουν πρόσθετη ζάχαρη ή χυμό και σχηματίζονται με την απομάκρυνση του νερού (Sadler et al., 2019).

Ο ΠΟΥ (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας), ταξινομεί τα παραδοσιακά αποξηραμένα φρούτα ως «φρούτα» και όπως τα φρέσκα φρούτα η περιεκτικότητα σε σάκχαρα δεν ορίζεται ως «ελευθέρα σάκχαρα». Αντίθετα ορισμένα αποξηραμένα φρούτα όπως τα βατόμουρα, τα βακκίνια, τα κεράσια, οι φράουλες και τα μάνγκο συνήθως εμποτίζονται με σιρόπι ζάχαρης ή χυμούς φρούτων πριν την ξήρανση, αν και μπορούν και αυτά όπως και αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω να αποξηραθούν χωρίς την προσθήκη ζάχαρης ή σιροπιού, προκαλώντας έτσι μία σύγχυση στο καταναλωτικό κοινό (Sadler et al., 2019).

Άλλοι τύποι αποξηραμένων φρούτων μπορεί να περιλαμβάνουν αποξηραμένα φρούτα με πιο φωτεινό χρώμα συγκριτικά με τα φυσικά αποξηραμένα φρούτα, κάτι που οφείλεται στην προσθήκη διοξειδίου του θείου. Επιπλέον, κάποια άλλοι τύποι περιλαμβάνουν φρούτα «καραμέλα», όπως οι ανανάδες αλλά και η παπάγια, τα οποία έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη χωρίς ωστόσο να είναι απαραίτητο να φέρουν την σχετική σήμανση. Επίσης, τα επεξεργασμένα σνακ αποξηραμένων φρούτων μπορεί να περιέχουν πρόσθετα σάκχαρα ή μπορεί να παρασκευάζονται από «βρεγμένα» η πολτοποιημένα φρούτα που εν συνεχεία αποξεραίνονται (Sadler et al., 2019).

Όσον αφορά την προσθήκη ζάχαρης ή σιροπιών ζάχαρης υπάρχουν αρκετοί λόγοι, όπως το ότι σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνεται η γευστικότητα προσθέτοντας γλυκύτητα, ή ακόμη έχουν και συντηρητική λειτουργία βοηθώντας στη μείωση της δραστηριότητας του νερού μέσα στα φρούτα (Sadler et al., 2019).

### 3.2.3 Παραγωγή αποξηραμένων φρούτων

Η παραγωγή των αποξηραμένων φρούτων σε παγκόσμιο επίπεδο είναι πολύ μεγάλη. Ο κύριος όγκος της παραγωγής αποξηραμένων φρούτων είναι τα αποξηραμένα σταφύλια γνωστά ως σταφίδες, και οι χουρμάδες. Για την χρονιά 2021/2022, αμέσως μετά τις σταφίδες και τους χουρμάδες, κατατάσσονται τα δαμάσκηνα, τα βερίκοκα, τα κρανμπερις και τα σύκα (Statista, 2022b).

Οι ΗΠΑ και η Τουρκία αποτελούν τις δύο χώρες που προμηθεύουν στις παγκόσμιες αγορές το μεγαλύτερο μέρος των αποξηραμένων φρούτων και διεκδικούν το 30% της παγκόσμιας αγοράς για την παραγωγή αποξηραμένων φρούτων συνολικά. Αμέσως μετά τις ΗΠΑ και την Τουρκία, το Ιράν παράγει το 12% των αποξηραμένων φρούτων σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ ακολουθούν η Σαουδική Αραβία και η Κίνα με 7% και 6% αντίστοιχα (Statista, 2022b).

Τέλος, όσον αφορά την καταναλωτική αγορά, οι ΗΠΑ είναι ο κυριότερος καταναλωτής αποξηραμένων φρούτων, με τις σταφίδες να αποτελούν το κυρίαρχο σνακ μεταξύ των αποξηραμένων φρούτων, ενώ τόσο οι χώρες της Μέσης Ανατολής αλλά και οι Ευρωπαϊκές χώρες, καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες καταναλώνοντας το 32% και το 23% αντίστοιχα (Statista, 2022b).

### 3.24 Μέθοδος αποξήρανσης

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η ξήρανση των φρούτων είναι μία από τις παλαιότερες μεθόδους συντήρησης που χρησιμοποιείται ευρέως για την συντήρηση των τροφίμων είτε αυτά προορίζονται για οικιακή χρήση είτε για πώληση (Bozkiretal., 2020). Οι μέθοδοι ξήρανσης των φρούτων είναι αρκετοί με τις μεθόδους να χωρίζονται κυρίως σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις φυσικές αλλά και τις τεχνητές μεθόδους (Garden-Robinson, 2022; FAO, unknown).

#### 3.2.4.1 Φυσική μέθοδος – Ξήρανση στον ήλιο

Η μέθοδος αυτή είναι η παλαιότερη και αρκετά επιτυχημένη. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι χρήσης της ηλιακής ακτινοβολίας για την ξήρανση των φρούτων. Αρχικά η απευθείας έκθεση στον ήλιο θεωρείται μεν αποτελεσματική για την επίτευξη της ξήρανσης, ωστόσο θεωρείται πως έχει αρκετά μειονεκτήματα με το χαρακτηριστικό της ότι είναι αρκετά δύσκολο να ελεγχθεί η ποιότητα του προϊόντος λόγω της έκθεσης τους απευθείας σε συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος. Από την άλλη η ξήρανση σε στεγνωτήρια μέσω της χρήσης της ηλιακής θερμότητας για την ξήρανση των φρούτων, με την διασφάλιση πάντα ότι δεν υπάρχει συσσώρευση νερού στο εσωτερικό του στεγνωτήριου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σύνολο των φρούτων προς αποξήρανση. Τέλος, η ξήρανση των φρούτων σε σκιερά μέρη, αλλά με την βοήθεια του θερμού αέρα που προκύπτει από την ηλιακή θέρμανση αποτελεί επίσης μία επιλογή για αποξήρανση (Garden-Robinson, 2022; FAO, unknown).

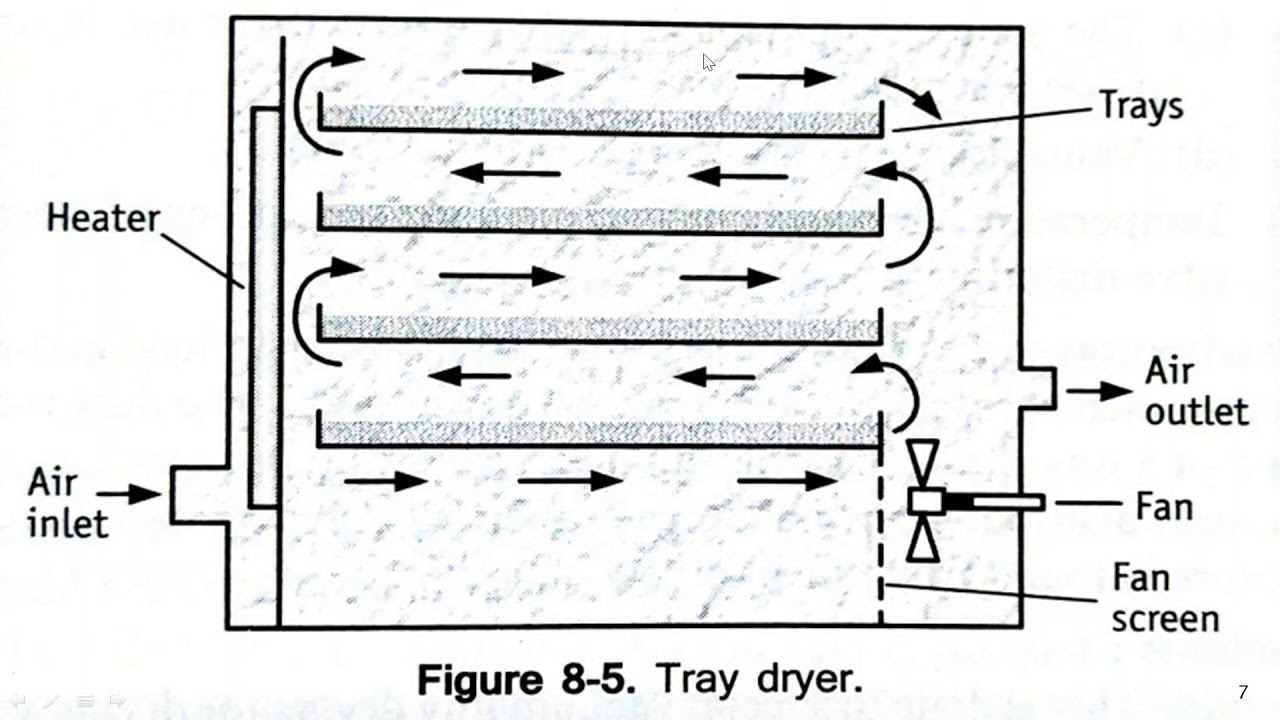
#### 3.2.4.2 Τεχνητή Ξήρανση

Αποτελεί την πιο ελεγχόμενη μέθοδο ξήρανσης των φρούτων. Το κόστος του είναι μεγαλύτερο από αυτό των φυσικών μεθόδων καθώς απαιτείται η χρήση ενός ξηραντήρα που θερμαίνεται μέσω ηλεκτρικής ενέργειας, αερίου ή ακόμα και μέσω καύσης βιομάζας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι και μεγέθη ξηραντήρων ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε επιχείρησης. Τα πλεονεκτήματα έναντι των φυσικών μεθόδων είναι πως ο ρυθμός στεγνώματος είναι απόλυτα ελεγχόμενος και ανεξάρτητος από τις εξωτερικές συνθήκες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αποξηραμένων προϊόντων υψηλής ποιότητας (Garden-Robinson, 2022; FAO, unknown)

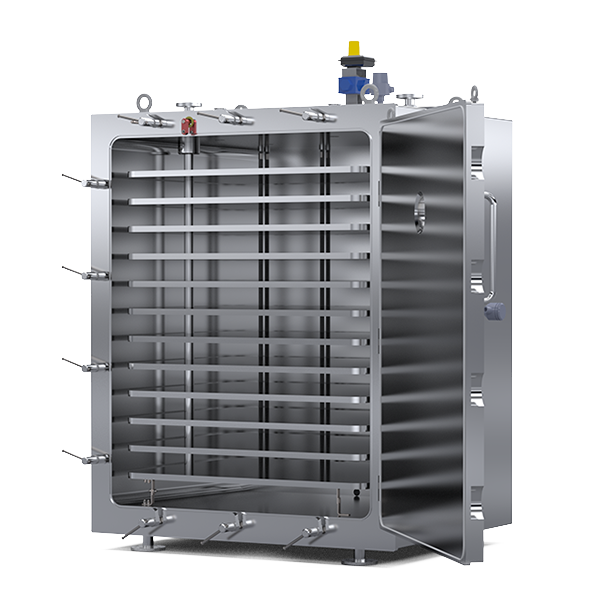
##### **3.2.4.2.1 Ξηραντήρας με ράφια**

Ο ξηραντήρας με ράφια είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους και πολυχρησιμοποιούμενους ξηραντήρες φρούτων και λαχανικών στην βιομηχανία των τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ευρεία χρήση του οφείλεται στο χαμηλό κόστος, στην απλότητα και στην ευκολία χρήσης του από τους χρήστες (Choudhary, 2022a; Choudhary, 2022b).

Ο ξηραντήρας αποτελείται από έναν θάλαμο ξήρανσης, στον οποίο περιέχονται ράφια, στα οποία υπάρχουν τοποθετημένοι δίσκοι. Η τοποθέτηση των φρούτων που προορίζονται για ξήρανση γίνεται πάνω στους δίσκους στους οποίους απλώνονται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια τους. Στην συνέχεια παράγεται θερμαινόμενος αέρας από τον θερμαντήρα, ο οποίος διαχέεται στο εσωτερικό του θαλάμου και πιο συγκεκριμένα ανάμεσα στους δίσκους με την βοήθεια ενός ανεμιστήρα. Η λειτουργία του ξηραντήρα βασίζεται στην είσοδο θερμού αέρα και στην έξοδο ενός μέρους από το σημείο εξαγωγής, ενώ ένα μέρος του αέρα που εισέρχεται επανακυκλοφορεί εντός του ξηραντήρα (Εικόνα 3 & 4). Τέλος, ο ξηραντήρας με ράφια χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την αποξήρανση μικρών ποσοτήτων φρούτων και λαχανικών αλλά ταυτόχρονα και ευαίσθητης ως προς την θέρμανση ή την αλλοίωση, πρώτης ύλης (Choudhary, 2022a; Choudhary, 2022b).



Εικόνα 3. Ξηραντήρας με ράφια (Πηγή: Bhakar, 2023).



Εικόνα 4. Ξηραντήρας με ράφια (Πηγή: PSL, 2023).

### 3.2.5 Κατανάλωση αποξηραμένων φρούτων και οφέλη για την υγεία

Τα αποξηραμένα φρούτα τα οποία χρησιμεύουν ως σημαντικά υγιεινά σνακ παγκοσμίως, παρέχουν μια συμπυκνωμένη μορφή φρέσκων φρούτων και θεωρούνται ως πολύ σημαντικά σνακς. Είναι διατροφικά ισοδύναμα με φρέσκα φρούτα σε μικρότερα μεγέθη μερίδων, που κυμαίνονται από 30 έως 43 g ανάλογα με το φρούτο, σύμφωνα με τις τρέχουσες διατροφικές συστάσεις σε διάφορες χώρες. Συνιστάται η καθημερινή κατανάλωση αποξηραμένων φρούτων για να επωφεληθεί κανείς πλήρως από τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, τα φυτοχημικά που προάγουν την υγεία και τα αντιοξειδωτικά που περιέχουν, μαζί με την επιθυμητή γεύση και άρωμα (Chang et al., 2016; Donno et al., 2019).

Πιο συγκεκριμένα, τα αποξηραμένα φρούτα είναι βασική πηγή καλίου και διαιτητικών ινών με χαμηλή ποσότητα λιπαρών κάτι που επιδρά θετικά στην μείωση της αρτηριακής πίεσης, κατά της παχυσαρκίας, του διαβήτη τύπου ΙΙ, της οστεοπόρωσης, των καρδιαγγειακών παθήσεων και του καρκίνου. Επιπλέον τα αποξηραμένα φρούτα αποτελούν και εξαιρετικές πηγές υδατανθράκων και σακχάρων όπως η γλυκόζη και η φρουκτόζη, με τα περισσότερα από τα αποξηραμένα φρούτα να έχουν χαμηλό ή μέτριο γλυκαιμικό δείκτη βοηθώντας όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στην μείωση του κινδύνου του διαβήτη τύπου ΙΙ. Επίσης, τα φυτοοιστρογόνα που αποτελούν ουσίες σε υψηλή περιεκτικότητα στα αποξηραμένα φρούτα φαίνεται πως έχουν ιδιαίτερη σημασία για την πρόληψη έναντι παθήσεων όπως ο διαβήτης, διάφοροι τύποι καρκίνων, καρδιαγγειακές παθήσεις αλλά και του μεταβολικού συνδρόμου (Chang et al., 2016; Donno et al., 2019; Abobatta, 2021) .

Τέλος, η υψηλή περιεκτικότητα σε ανθοκυανιδίνες, καροτενοειδή, φαινολικά οξέα και φλαβονοειδή φαίνεται πως επιδρούν σημαντικά κατά της παχυσαρκίας και των καρδιαγγειακών νοσημάτων, βελτιώνοντας την υγεία των καταναλωτών, κάτι που οφείλεται στην ισχυρή αντιοξειδωτική δράση των παραπάνω (Chang et al., 2016; Abobatta, 2021).

## 3.3 Μεταβολές ποιότητας φρούτων και λαχανικών κατά την ξήρανση.

Η ξήρανση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα των αποξηραμένων φρούτων και λαχανικών, ανεξάρτητα από τις συνθήκες της διαδικασίας ξήρανσης ή τις μεθόδους ξήρανσης. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει πως οι διάφορες διαθέσιμες εμπορικές μέθοδοι ξήρανσης (φούρνοι, ξήρανση με υπερήχους κλπ), που χρησιμοποιούνται για την ξήρανση φρούτων και λαχανικών, δεν κατέχουν έναν σημαντικό ρόλο στην αλλαγή της ποιότητας τους. Αν και όλες οι διαθέσιμες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, επιλέγονται με βάση κάποιες παραμέτρους που βελτιστοποιούν βασικούς δείκτες απόδοσης, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου στεγνώματος, της κατανάλωσης ενέργειας, του κόστους εξοπλισμού, του αποτυπώματος του άνθρακα και της χαρακτηριστικής θρεπτικής και αισθητηριακής ποιότητας, δεν είναι ακόμη ξεκάθαρο πως επηρεάζονται όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποξηραμένων προϊόντων (Praviranto et al., 2019; Ownude et al., 2022).

Γενικότερα, η ξήρανση προκαλεί φυσικές και βιοχημικές αλλαγές στον ιστό του καρπού. Η απώλεια νερού συνοδεύεται από συρρίκνωση του χύδην ιστού και από αλλαγές στη μικροδομή, συμπεριλαμβανομένης της κυτταρικής κατάρρευσης, της κυτταρικής συρρίκνωσης, της αποκόλλησης της κυτταρικής μεμβράνης (πλασμόλυση) ή της θραύσης της κυτταρικής μεμβράνης. Αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν έντονα τις ιδιότητες μεταφοράς υγρασίας του στον ιστό και επίσης προκαλούν διακυμάνσεις στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η υφή του προϊόντος επηρεάζεται για παράδειγμα από τη χύδην πυκνότητα, το πορώδες, το μέγεθος του κυττάρου, το σχήμα κυττάρου και το πάχος του κυτταρικού τοιχώματος του αποξηραμένου προϊόντος.Επιπλέον, η ικανότητα επανυδάτωσης του αποξηραμένου προϊόντος εξαρτάται επίσης από τον βαθμό συρρίκνωσης και πορώδους. Στην περίπτωση των φυσικών αλλαγών και του αισθητικού αποτελέσματος όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, η μέθοδος ξήρανσης κατέχει σημαντικό ρόλο και η επιλογή της μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό τα παραπάνω χαρακτηριστικά (Praviranto et al., 2019; Ownude et al., 2022).

Αντιθέτως, η επιλογή των μεθόδων ξήρανσης δεν παίζουν τόσο μεγάλο ρόλο στην περίπτωση των βιοχημικών αλλαγών. Οιβιοχημικές αλλαγέςμε τη μορφή υποβάθμισης του χρώματος, της γεύσης, της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C, τις διάφορες πτητικές ενώσεις, του φαινολικού προφίλ και της περιεκτικότητας σε καροτενοειδή. Όσον αφορά τις βιοχημικές αλλαγές ακόμα και με την βελτιστοποίηση όλων των παραμέτρων των μεθόδων ξήρανσης, δεν είναι ακόμη πολύ ξεκάθαρο πως επηρεάζονται όλα τα θρεπτικά στοιχεία φρούτων και λαχανικών μετά την ξήρανση. Το βέβαιο είναι ότι οι διαδικασίες ξήρανσης μειώνουν την ποσότητα των διαθέσιμων θρεπτικών συστατικών στα αποξηραμένα τρόφιμα φυτικής προέλευσης σε μεγάλο βαθμό συγκριτικά με τα φρέσκα προϊόντα, ανεξάρτητα πολλές φορές από την μέθοδο που θα επιλεγεί (Praviranto et al., 2019; Ownude et al., 2022).

Κάποιες από τις παραμέτρους που μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα των αποξηραμένων προϊόντων είναι το φως, οι υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες και ο ρυθμός στεγνώματος. Όσον αφορά τα θρεπτικά στοιχεία, φαίνεται πως η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C και βιταμίνη Α, μπορεί να επηρεαστούν και να μειωθούν μετά την ξήρανση των προϊόντων, ιδιαίτερα αν επιλεχθούν τεχνικές όπως η ξήρανση με υψηλό φωτισμό όπως η ηλιακή ξήρανση. Επιπλέον, τόσο τα καροτενοειδή και οι φαινόλες μειώνονται σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και υψηλής ταχύτητας του αέρα (FAO, unknown; Ownude et al., 2022).

Επομένως, η επιλογή της διαδικασίας ξήρανσης ή της βέλτιστης παραμέτρου επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών δεν θα πρέπει απαραίτητα να βασίζεται στην υπολειπόμενη θρεπτική ποιότητα των αποξηραμένων προϊόντων. Αντίθετα, η επιλογή της διαδικασίας ξήρανσης μπορεί να γίνει αντιστάθμιση αντιστάθμισης μεταξύ της απόδοσης του προϊόντος (χρόνος στεγνώματος), της κατανάλωσης ενέργειας, του κόστους εξοπλισμού και του αποτυπώματος άνθρακα ή άλλων παραμέτρων ποιότητας όπως το χρώμα, η υφή ή η ικανότητα ενυδάτωσης (Ownude et al., 2022).

## 3.4 Ξήρανση και σταθερότητα τροφίμων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ξήρανση αποτελεί μία από τις παλαιότερες μεθόδους συντήρησης των τροφίμων. Ουσιαστικά με τον όρο αποξήρανση νοείται η αφαίρεση νερού με αποτέλεσμα να αναστέλλεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Η ξήρανση παράλληλα συνεπάγεται την μείωση βάρους και όγκου των τροφίμων γεγονός που διευκολύνει την μεταφορά αλλά ταυτόχρονα μειώνει και το κόστος μεταφοράς (FAO, unknown).

Σε γενικές γραμμές, η διαδικασία της ξήρανσης περιλαμβάνει την αφαίρεση της αδέσμευτης ελεύθερης υγρασίας από την επιφάνεια πρώτα και στην συνέχεια της δεσμευμένης υγρασίας από το εσωτερικό του τροφίμου μέχρι να επιτευχθεί ένα καθορισμένο όριο. Δηλαδή, περιλαμβάνει ταυτόχρονες λειτουργίες μεταφοράς θερμότητας και μάζας (Foronda et al., 2022).

Γενικά η μεταφορά τόσο της θερμότητας όσο και της μάζας εξαρτώνται από τον ρυθμό/ταχύτητα ξήρανσης αλλά ταυτόχρονα και από την ποσότητα του νερού που συγκεντρώνεται στο εσωτερικό των προϊόντων προς ξήρανση. Με την βοήθεια της θερμότητας που δίνεται από το μέσο ξήρανσης, διαταράσσεται το οριακό στρώμα αρχικά του υλικού προς ξήρανση, ενώ στην συνέχεια η μεταφορά της υγρασίας πραγματοποιείται από το εσωτερικού του προς ξήρανση υλικού στην επιφάνεια μέσω της παραγωγής υδρατμών. Έτσι η μάζα αλλάζει και σιγά σιγά παρατηρούνται φυσικές αλλαγές όπως η συρρίκνωση της μάζας (Foronda et al., 2022).

Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας ξήρανσης αυτή εξαρτάται από τις εσωτερικές και εξωτερικές παραμέτρους που της παρέχονται. Οι εσωτερικές παράμετροι περιλαμβάνουν τις θερμοφυσικές ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά προσρόφησης-εκρόφησης, το πορώδες, την πυκνότητα και τη διαπερατότητα του υλικού του καρπού που ξηραίνεται. Από την άλλη οι εξωτερικές παράμετροι περιλαμβάνουν τη σχετική υγρασία, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα (Igbal et al., 2019).

Επιπλέον, σημαντική παράμετρος είναι και η διάρκεια της διαδικασίας της ξήρανσης, η οποία καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις παραμέτρους της ξήρανσης όπως η θερμοκρασία, η ταχύτητα του αέρα και η σχετική υγρασία. (Igbal et al., 2019).

## 3.5 Επίδραση μεθόδων και παραμέτρων ξήρανσης κατά την αποξήρανση μήλων

### 3.5.1 Επίδραση διαφόρων μεθόδων ξήρανσης

Ενδιαφέροντα αποτελέσματα προκύπτουν από την έρευνα των Dai et al. (2019), σχετικά με την επίδραση της χρήσης διαλείπουσας ξήρανσης με μικροκύματα σε διαφορετική ισχύ μικροκυμάτων (2.2, 3.5, 4.8 και 6.1 W/g) στα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά αποξηραμένων μήλων Fuji, με διαφορετικό πάχος (3,5, 7 και 9mm) και σε διαφορετικό χρόνο θέρμανσης (4,5,6 και 7 sec). Όσον αφορά τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι οι κατά προσέγγιση περίοδοι ξήρανσης σταθερού ρυθμού και οι περίοδοι ξήρανσης με πτώση ρυθμού βρέθηκαν σε όλες τις καμπύλες. Ο χρόνος ξήρανσης μειώθηκε με την αύξηση της ισχύος μικροκυμάτων και του χρόνου επεξεργασίας σε κάθε κύκλο, ενώ αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση του πάχους του δείγματος. Το μοντέλο Weibull μπορούσε να ταιριάζει καλά στις καμπύλες ξήρανσης σε όλες τις συνθήκες (R2 > 0,99) με τις τιμές παραμέτρων κλίμακας να αλλάζουν από 45,88 σε 206,08 min και οι τιμές των παραμέτρων σχήματος κυμαίνονταν από 1,514 έως 1,69. Η αποτελεσματική (effective) διάχυση υγρασίας που υπολογίστηκε με το μοντέλο Weibull κυμαινόταν από 0,3217 × 10−9 έως 1,435 × 10−9 m2·s−1. Οι τιμές γεύσης, υφής και συνολικής αποδοχής παρουσίασαν φθίνουσα τάση με την αύξηση της ισχύος μικροκυμάτων, ενώ αυξήθηκαν με την αύξηση του πάχους. Τέλος, οι ρυθμοί συρρίκνωσης των φετών μήλου παρουσίασαν τάση πτώσης με την αύξηση των παραπάνω παραμέτρων (Dai et al., 2019).

Άλλη μία έρευνα σε διαφορετικές ποικιλίες μήλου, δίνει σημαντικές πληροφορίες για τις επιπτώσεις δύο διαφορετικών μεθόδων ξήρανσης στα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μήλων. Σύμφωνα λοιπόν με τους Aljuhaimi et al. (2016), διερευνήθηκε η επίδραση της ξήρανσης μέσω της χρήσης φούρνου και της ξήρανσης με την χρήση μικροκυμάτων τεσσάρων ποικιλιών μήλων, Golden, Granny Smith, Pink Lady και Starking. Αμέσως μετά την συγκομιδή τα μήλα συντηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4oC μέχρι να χρησιμοποιηθούν. Αμέσως μετά πλύθηκαν, απομακρύνθηκε η φλούδα και κόπηκαν σε κομμάτια πάχους 3-4 mm. Έπειτα, είτε αποξηράθηκαν σε φούρνο σε θερμοκρασίες 50-70 oC, είτε σε μικροκύματα σε δύο διαφορετικές συχνότητες μικροκυμάτων, στα 180 και στα 540W. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε πως η περιεκτικότητα σε υγρασία των δειγμάτων μήλων Starking και Pink Lady που ξηράθηκαν σε φούρνο μικροκυμάτων στα 180 W ήταν σημαντικά χαμηλότερη από εκείνη άλλων ποικιλιών μήλων, αλλά και του μάρτυρα. Η συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις εκτιμήθηκε στα 325,94 mg/100 g (Pink Lady) έως 475,63 mg/100 g (Starking) και τα επίπεδα αντιοξειδωτικής δράσης, καταγράφηκαν από 325,94 mg/100 g (Pink Lady) έως 475,63 mg/100 g (Starking) στην περίπτωση της θέρμανσης με μικροκύματα στα 540 W, ενώ αυτές φάνηκε να είναι υψηλότερες από εκείνες στα μήλα που υποβλήθηκαν σε θέρμανση με μικροκύματα στα 180 W ή/και στην ξήρανση σε φούρνο όπου η θερμοκρασία ήταν μεταξύ 50 και 70 °C. Όσον αφορά την συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικό περιεχόμενο των ποικιλιών μήλων ελέγχου κυμαινόταν από 87,81 mg/100 g (Χρυσό) έως 136,25 mg/100 g (Pink Lady), ενώ η συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικό περιεχόμενο των ποικιλιών μήλων που ξηράθηκαν σε φούρνο στους 70 °C κυμαίνονταν από 299,06 mg/ 100 g (Pink Lady) έως 395,31 mg/100 g (Starking). Τέλος, οι τιμές αντιοξειδωτικής δράσης των ποικιλιών μήλων ελέγχου κυμαίνονταν από 11,55 (Pink Lady) έως 21,78% (Starking), ενώ οι τιμές αντιοξειδωτικής δράσης των ποικιλιών μήλων που ξηράθηκαν σε φούρνο 70 °C κυμαίνονταν από 38,87 (Pink Lady) έως 52,49% (Granny Smith) (Aljuhaimi et al., 2016).

Όσον αφορά την έρευνα των Kahraman et al. (2021), διερευνήθηκε η χρήση υπερήχων για την ξήρανση λεπτών φετών μήλου ποικιλίας Gala, χωρίς όμως να έχει προηγηθεί θερμική επεξεργασία. Παράλληλα, εφαρμόστηκαν και άλλες μέθοδοι προκειμένου να συγκριθούν με την χρήση υπερήχων, όπως η ξήρανση με ζεστό αέρα (HAD) και η ξήρανση με κατάψυξη (FD). Αρχικά τα δείγματα μήλου που χρησιμοποιήθηκαν είχαν μέση περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 83,5% και 86,5%. Μετά την αρχική επεξεργασία (πλύσιμο, ξεφλούδισμα και εξαγωγή πυρήνα), τα μήλα κόπηκαν σε φέτες πάχους 2mm, ενώ η μέση διάμετρος τους ήταν 37mmκαι το μέσο βάρος τους στα 1,8g/φέτα. Στην περίπτωση της ξήρανσης με μη θερμική επαφή με υπερήχους πραγματοποιήθηκε παρουσία ρεύματος αέρα, η θερμοκρασία του οποίου ήταν μεταξύ 26-40oC, ο οποίος ρέει πάνω από την επιφάνεια των μήλων με σκοπό να απομακρυνθεί η ομίχλη ή ο ατμός που παράγεται κατά την διαδικασία της επεξεργασίας με υπερήχους. Όσον αφορά τις παραμέτρους που αξιολογήθηκαν αυτές αφορούσαν τις αλλαγές στην αναλογία επανενυδάτωσης, το pH, την ογκομετρούμενη οξύτητα, τις ιδιότητες του νερού, το χρώμα, την θερμοκρασία της υαλώδους μετάπτωσης, την περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες και την περιεκτικότητα σε φαινόλες. Σε γενικές γραμμές η χρήση υπερήχων έδειξε πως η απόδοση της αφυδάτωσης των φρούτων είναι αρκετά κοντά με την μέθοδο FD, όσον αφορά την διατήρηση της ποιότητας και τις αλλαγές στην δομή των φρούτων. Πιο συγκεκριμένα όμως, όσον αφορά την υγρασία και στις τρεις διαφορετικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν έφτασε στο 5%, με την μέθοδο των υπερήχων να επιτυγχάνει την επιθυμητή υγρασία μετά από 75 με 80 λεπτά επεξεργασίας η οποία ήταν συντομότερη κατά 45% συγκριτικά με την μέθοδο HAD, ενώ ήταν επίσης συντομότερη από την μέθοδο FD. Επιπλέον, η αναλογία επανενυδάτωσης, το χρώμα και οι ιδιότητες της υφής των μήλων ήταν αρκετά βελτιωμένες στην περίπτωση της χρήσης υπερήχων, έναντι της μεθόδου HAD. Επιπλέον, η περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες και σε φαινόλες στην περίπτωση της χρήσης υπερήχων ήταν σημαντικά υψηλότερες από αυτές των δειγμάτων με την χρήση της μεθόδου HAD, ενώ αντίστοιχα η σταθερότητα των αποξηραμένων μήλων ήταν καλύτερες στις μεταχειρίσεις όπου είχε εφαρμοστεί η χρήση υπερήχων αλλά και η μέθοδος FD σε σύγκριση με την HAD. Παράλληλα, τόσο η δομή όσο και το μέγεθος των μήλων ήταν καλύτερη στην περίπτωση της επεξεργασίας με την χρήση υπερήχων σε σύγκριση με την HAD, δείχνοντας πως η χρήση των υπερήχων είναι μία καλή εναλλακτική επιλογή για την αποξήρανση των μήλων κυρίως λόγω της καλύτερης ποιότητας των μήλων σε συνδυασμό και με τον συντομότερο χρόνο στεγνώματος των φρούτων (Kahraman et al., 2021).

Από έρευνα των Huang et al. (2012), προέκυψαν αξιόλογα αποτελέσματα όσον αφορά την σύγκριση διαφόρων μεθόδων αποξήρανσης μήλων. Πιο συγκεκριμένα στόχος της έρευνας ήταν να γίνει μία σύγκριση της σύνθεσης, της υφής, της γεύσης και της μικροδομής των αποξηραμένων φετών μήλου ποικιλίας Fuji, οι οποίες προέκυψαν από την χρήση των μεθόδων FD και MWVD. Για τον λόγο αυτό παράχθηκαν τρεις τύποι αποξηραμένων μήλων με τις μεθόδους FD, FD+MWVD και MWVD+FD. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα, η μέθοδος FD + MWVD είναι καλύτερη από την MWVD + FD όταν συγκρίθηκαν τα σάκχαρα και οι ολικές φαινόλες μεταξύ των δύο συνδυαστικών μεθόδων ξήρανσης και FD. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα MWVD + FD παρουσίασαν χαμηλότερα σάκχαρα, ολικές φαινόλες και ολική πηκτίνη από τα δείγματα της FD + MWVD. Όσον αφορά το άρωμα, φαίνεται πως η διατήρηση του αρώματος σε δείγματα FD + MWVD είναι καλύτερη από τα προϊόντα MWVD + FD και χειρότερη από τα δείγματα FD. Αν και τόσο η διατήρηση του αρώματος των δειγμάτων FD + MWVD όσο και MWVD + FD είναι χειρότερη από τα προϊόντα FD, αυτές οι συνδυασμένες αποξηραμένες φέτες μήλου έχουν επίσης σημαντικό άρωμα σαν μήλο, φρουτώδες και πράσινο λόγω της χαμηλής τιμής κατωφλίου ορισμένων εστέρων, αλκοολών και αλδεϋδών. Και συνολικά, η διατήρηση του αρώματος σε δείγματα FD + MWVD είναι καλύτερη από τα προϊόντα MWVD + FD. Επιπλέον, όσον αφορά την τραγανότητα των δειγμάτων όπου έγινε χρήση των FD + MWVD είναι καλύτερη από τις φέτες μήλου όπου έγινε χρήση της FD, γεγονός που ενδεχομένως να δείχνει πως οι φέτες μήλου της πρώτης πειραματικής μεταχείρισης (FD + MWVD) θα μπορούσαν να παρουσιάσουν μεγαλύτερη δημοφιλία και να είναι πιο ελκυστικές προς το καταναλωτικό κοινό. Από την άλλη, τα δείγματα μήλων της MWVD + FD παρουσιάζουν επίσης υψηλή τραγανότητα, αλλά παρουσιάζουν παράλληλα και μεγαλύτερη σκληρότητα η οποία ως αποτέλεσμα δίνει μία κακή γεύση. Τέλος, η κυτταρική δομή των δειγμάτων FD + MWVD ήταν καλύτερη από ό,τι σε φέτες μήλου που ξηράθηκαν με MWVD + FD. Επομένως, από όλα αυτά φαίνεται πως η μέθοδος FD + MWVD θα μπορούσε να αντικαταστήσει την μέθοδο FD και την παραγωγή αποξηραμένων φέτες μήλου υψηλής ποιότητα (Huang et al., 2012).

Άλλη μία έρευνα που στόχο είχε την μελέτη της επίδρασης τριών διαφορετικών μεθόδων ξήρανσης στις βιοδραστικές ενώσεις, την αντιοξειδωτική δράση, το χρώμα και τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά των κύβων μήλων με κόκκινη σάρκα, πραγματοποιήθηκε από τους Marcin & Julita (2021). Συγκεκριμένα στην έρευνα αυτή αξιολογήθηκε η επίδραση της μεθόδου ξήρανσης με συναγωγή (CD), της μεθόδου προ επεξεργασίας μικροκυμάτων σε κενό σε συνδυασμό με ξήρανση με συναγωγή (CMWV) και της ξήρανσης με λυοφιλίωση (FD), σε φρέσκα, κόκκινα, ώριμα μήλα τα οποία κόπηκαν σε κύβους 10 mm x 10mm. Οι διαφορετικές μέθοδοι ξήρανσης επηρέασαν σημαντικά τους ποιοτικούς παράγοντες του προϊόντος. Η υψηλότερη συγκέντρωση των υπολειπόμενων φαινολικών παρατηρήθηκε στα μήλα FD. Το χλωρογενικό οξύ αποτελούσε την κύρια φαινολική ένωση, αντιπροσωπεύοντας το 60% όλων των φαινολικών σε φρέσκα και αποξηραμένα κόκκινα μήλα και η κυανιδιν-3-γαλακτοσίδη ήταν η κύρια ανθοκυανίνη. Οι ποσότητες των ανθοκυανινών μειώθηκαν σημαντικά χρησιμοποιώντας και τις τρεις διαδικασίες ξήρανσης. Ωστόσο, οι κύβοι μήλου CD παρουσίασαν την υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση ενώ τα δείγματα CMWV είχαν τη χαμηλότερη. Παρατηρήθηκαν, επίσης, σημαντικές διαφορές στο χρώμα. Οι κύβοι μήλου FD είχαν περίπου 20% υψηλότερες τιμές για το L\* (ελαφρότητα) και το a\* (κόκκινη παράμετρος) και είχαν καλύτερα αισθητικά χαρακτηριστικά χρώματος και οσμής από τα άλλα αποξηραμένα δείγματα (Marcin & Julita, 2021).

Σύμφωνα με τους Grosso-Kelly et al. (2021), έρευνα που είχε ως στόχο τον προσδιορισμό του επιπέδου αδρανοποίησης παθογόνων μικροοργανισμών που παρέχεται από την ξήρανση με ζεστό αέρα στους 104 ή 135°C σε ένα κοκτέιλ σαλμονέλας εμβολιασμένο σε κύβους μήλου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως προληπτικός έλεγχος και να αξιολογηθεί η απόδοση του *Enterococcus faecium* ως πιθανό υποκατάστατο για σαλμονέλα που εμβολιάστηκε στην επιφάνεια των κύβων μήλου. Έτσι, κατά την πειραματική διαδικασία, ένα κοκτέιλ από *Salmonella seravars* και *Enterococcus faecium* εμβολιάστηκαν μεμονωμένα σε κύβους μήλου ποικιλίας Gala στα οποία απομακρύνθηκε ο πυρήνας αλλά και ο φλοιός. Οι κύβοι μήλου ξηράθηκαν στους 104 ή 135°C σε διαφορετικές ομάδες, κάθε ομάδα ήταν βάρους ~1,5 kg χρησιμοποιώντας ξηραντήρα ζεστού αέρα με κατακόρυφα κατευθυνόμενη πηγή θερμότητας και χωρίς ανάμειξη. Οι τρεις πειραματικές μεταχειρίσεις, αποτελούνταν από τέσσερις εμβολιασμένους κύβους, απαριθμήθηκαν σε κάθε χρονικό σημείο (n ≥ 5) από πολλαπλά βάθη κλίνης προϊόντος. Με βάση αυτά, παρατηρήθηκε πως η ενεργότητατου νερού μειώθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, με τα δείγματα να στεγνώνουν ταχύτερα στους 135°C από τους 104°C. Τα δείγματα στο βάθος του κατώτερου στρώματος που βρισκόντουσαν πιο κοντά στην πηγή θερμότητας, στέγνωσαν γρηγορότερα από αυτά στο υψηλότερο βάθος στρώματος τα οποία ήταν ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία. Κατά τα πρώτα στάδια δεν παρατηρήθηκε σημαντική μικροβιακή αδρανοποίηση, ενώ για να συμβεί αυτό χρειάστηκαν περισσότερα από 10 λεπτά στο βάθος του κάτω στρώματος ή σε κάποιες περιπτώσεις ακόμα και περισσότερα από 40 λεπτά στεγνώματος στο πάνω βάθος στρώματος, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία. Όσον αφορά την μέση αδρανοποίηση *Salmonella*, αυτή ήταν μεγαλύτερη από 5 log CFU ανά δείγμα και επιτεύχθηκε μέχρι το τέλος της ξήρανσης, ενώ η αδρανοποίηση του *E. Faecium* παρουσίασε πιο αργό ρυθμό από τη *Salmonella*, υποδεικνύοντας ότι πιθανότατα θα χρησίμευε ως καλό υποκατάστατο για μελέτες επικύρωσης εντός του φυτού. Η σκλήρυνση της θήκης δεν ανέστειλε τη μικροβιακή αδρανοποίηση στις συνθήκες που δοκιμάστηκαν. Τέλος με βάση αυτά, η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα πως η ξήρανση με ζεστό αέρα υπό τις συνθήκες που αξιολογήθηκαν μπορεί να παρέχει προληπτικό έλεγχο στην παραγωγή αφυδατωμένων προϊόντων, όπως τα μήλα (Grosso-Kelly et al., 2021).

Στην έρευνα των Li et al. (2018), διερευνήθηκαν οι επιδράσεις τεσσάρων διαφορετικών μεθόδων ξήρανσης στο χρώμα, την υφή, την αισθητική ποιότητα, τη μικροδομή, την βιωσιμότητα των βακτηρίων και την αποθήκευση, ενώ αξιολογήθηκε η σταθερότητα των εμπλουτισμένων με προβιοτικά σνακ μήλου. Συγκεκριμένα, ο στόχος της μελέτης ήταν η ανάπτυξη πρωτοκόλλων για την παραγωγή σνακ μήλου εμπλουτισμένα με προβιοτικά. Κατά την πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε η καλλιέργεια *Lactobacillus plantarum*, ενώ την ίδια στιγμή τα μήλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Fuji, τα οποία διατηρήθηκαν στους 4 oC, για 24 ώρες πριν την χρήση τους και στην συνέχεια αφού πλύθηκαν ξεφλουδίστηκαν και αφαιρέθηκε ο πυρήνας, κόπηκαν σε τετράγωνα μήκους 10mm. Στην συνέχεια οι κύβοι μήλου υποβλήθηκαν σε λεύκανση με ατμό για διάρκεια 2 λεπτών όπου ακολούθησε ψύξη. Έπειτα έγινε εμποτισμός του προβιοτικού στο μήλο υπό κενό και ακολούθησε η ξήρανση των εμπλουτισμένων με προβιοτικά μήλα. Οι μέθοδοι ξήρανσης ήταν ξήρανση στον αέρα (AD), ξήρανση με κατάψυξη (FD),ξήρανση με κατάψυξη ακολουθούμενη από ξήρανση σε κενό μικροκυμάτων (FD+MVD) και ξήρανση στον αέρα ακολουθούμενη από ξήρανση με έκρηξη (AD+EPD).Συνολικά, το FD+MVD μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατάλληλη μέθοδος ξήρανσης για την ανάπτυξη σνακ μήλων εμπλουτισμένων με προβιοτικά, λαμβάνοντας υπόψη το χρώμα, την υφή, την αισθητηριακή ποιότητα, τη βιωσιμότητα των βακτηρίων και τη σταθερότητα αποθήκευσης. Προβιοτικά βακτήρια σε FD+MVD- ξηραμένατα δείγματα παρέμειναν πάνω από 1×106 CFU g–1 για 120 ημέρες στους 25°C. Είναι ενδιαφέρον ότι η βιωσιμότητα των βακτηρίων σε δείγματα αποξηραμένα με FD+MVD αποδείχθηκε ότι ήταν σημαντικά υψηλότερη από τα δείγματα που είχαν ξηραθεί με FD κατά τη διάρκεια αποθήκευσης για 120 ημέρες (Li et al., 2018).

Οι Ghinea et al. (2022), πραγματοποίησαν έρευνα που είχε ως σκοπό την παραγωγή αποξηραμένων προϊόντων όπως τσιπς μήλου χωρίς λιπαρά, υγιεινά και παραδοσιακά αποξηραμένα χωρίς προσθήκη ζάχαρης τα οποία θα μπορούσαν να παραχθούν γρήγορα, εύκολα και με οικονομικότητα και ταυτόχρονα διατηρώντας όλες τις φυσικοχημικές τους και αισθητηριακές τους ιδιότητες. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τρεις ποικιλίες μήλου, Starkimson, Golden Delicious και Florina, με ξήρανση με την χρήση δύο διαφορετικών ξηραντήρων, όπου αξιολογήθηκαν τα φυσικά και χημικά ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η υγρασία, η ενεργότητα του νερού, η ενεργός οξύτητα, η ογκομέτρησιμη οξύτητα, τα ολικά διαλυτά στερεά και η συνολική περιεκτικότητα σε σάκχαρα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το χρώμα των φρέσκων αλλά και των αποξηραμένων μήλων. Η φυσικοχημική και αισθητηριακή ποιότητα των αποξηραμένων δειγμάτων προσδιορίστηκε επίσης στις 7, στις 14 και στις 21 ημέρες κατά την αποθήκευση των προϊόντων σε θερμοκρασία δωματίου. Τα μήλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν πάχους 4mm και μήκους 3 έως 7 cmτα οποία βυθίστηκαν σε διάλυμα αλατιού λεμονιού 4% για διάρκεια 7 λεπτών με σκοπό την απενεργοποίηση των ενζύμων μαυρίσματος και στην συνέχεια υποβλήθηκαν σε ξήρανση στους 65 oCκαι με τις δύο μεθόδους. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως οι τιμές υδάτινης δραστηριότητας (aw) των δειγμάτων των τσιπς μήλου που ξηράθηκαν στον φούρνο κυμαίνονταν από 0,544 έως 0,650, ενώ για τα δείγματα που ξηράθηκαν στον αφυγραντήρα, οι τιμές aw ήταν μεταξύ 0,374 και 0,426. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, το pH των τσιπς μήλου ποικίλλει πολύ λίγο, ενώ η τιτλοδοτήσιμη οξύτητα αυξήθηκε για όλα τα δείγματα. Σε σύγκριση με τις φρέσκες φέτες μήλου, παρατηρήθηκε ότι η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (TSS) όλων των δειγμάτων αποξηραμένων τσιπ μήλου μειώθηκε. Τέλος, οι παράμετροι χρώματος και οι δείκτες αύρωσης και λεύκανσης διέφεραν ανάλογα με τις ποικιλίες μήλων και τον τύπο ξηραντηρίου που χρησιμοποιήθηκε (Ghinea et al., 2022).

### 3.5.2 Επίδραση διαφόρων μεθόδων ξήρανσης και διαφόρων διαλυμμάτων προεπεξεργασίας

Σύμφωνα με τους Cichowska-Boqusz et al. (2020), πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την ωσμωτική αφυδάτωση λεπτών φετών μήλου της ποικιλίας Elise. Η ωσμωτική αφυδάτωση κατά την πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε με την χρήση ερυθριτόλης, ξυλτόλης και σακχαρόζης για 2 ώρες. Σε κάποια από τα μέρη του πειράματος εφαρμόστηκε προηγουμένως για διάρκεια 30 λεπτών προεπεξεργασία με υπέρηχους, ενώ στην συνέχεια τα δείγματα φρούτων αφυδατώθηκαν είτε με διάχυση θερμότητας (CD), είτε σε φούρνο μικροκυμάτων (VM), είτε με συνδυασμένη χρήση των δύο παραπάνω μεθόδων. Σκοπός της έρευνας ήταν να ερευνηθεί η επίδραση αυτών των μεθόδων στις διάφορες φυσικοχημικές ιδιότητες των αποξηραμένων μήλων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα προέκυψε πως η μέθοδος ξήρανσης σε κενό μικροκυμάτων επέτρεψε τον συντομότερο χρόνο ξήρανσης των αφυδατωμένων μήλων, ο οποίος ανέρχεται σε 76 λεπτά. Επιπλέον, η πρόσθετη εφαρμογή υπερήχων μείωσε αυτόν τον χρόνο στα 36 λεπτά. Η ξήρανση με διάχυση θερμότητας (CD), ήταν μακράς διάρκειας, όπου με την πρόσθετη χρήση υπερήχων κατά τη διάρκεια της οσμωτικής αφυδάτωσης φαίνεται πως επηρέασε την παράταση του χρόνου της διαδικασίας. Όσον αφορά την συνδυασμένη μέθοδος ξήρανσης έδειξε μείωση της συνολικής διάρκειας της ξήρανσης αρκετές φορές. Επιπλέον, η χρήση ξυλιτόλης και ερυθριτόλης στην παραγωγή αποξηραμένων μήλων φαίνεται πως δεν επηρέασε άσχημα τη γεύση των λαμβανόμενων αποξηραμένων προϊόντων. Η ξένη γεύση (εκτός γεύσης), συμπεριλαμβανομένων των αρωμάτων σανού, ξύλου, γήινου και καμένου, ήταν ανεπαίσθητη σε όλα τα αποξηραμένα δείγματα. Όσο για την χρήση πολυολών ως ωσμοδραστικών παραγόντων στη διαδικασία της οσμωτικής αφυδάτωσης ως προεπεξεργασία, φαίνεται πως έδωσε ένα αξιοσημείωτο αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, οι δοκιμαστές χαρακτήρισαν τις φέτες μήλου που δοκίμασαν ως ένα ωραίο και ευχάριστο σνακ. Η μέθοδος ξήρανσης δεν είχε σημαντική επίδραση στην αντίληψη της έντασης αυτής της επίδρασης. Επιπλέον, η εφαρμογή υπερήχων κατά τη διάρκεια της οσμωτικής αφυδάτωσης δεν επηρέασε σημαντικά τα χαρακτηριστικά της περιγραφικής αισθητηριακής ανάλυσης για τα ληφθέντα αποξηραμένα μήλα. Η χρήση ξυλιτόλης και ερυθριτόλης επέτρεψε την παραγωγή αποξηραμένων σνακ χαμηλότερης θερμιδικής αξίας, σε σύγκριση με τα αποξηραμένα μήλα που λαμβάνονται με την ίδια μέθοδο χωρίς αρχική οσμωτική αφυδάτωση. Τα υπολείμματα πολυόλης στο προϊόν ήταν σε επίπεδο που εγγυάται την ασφάλεια των καταναλωτών, το οποίο θεωρείται ότι δεν υπερβαίνει τη δόση με αποτέλεσμα γαστρικά προβλήματα. Οι καλύτερες υγροσκοπικές ιδιότητες, που διασφαλίζουν τη σταθερότητα αποθήκευσης του αποξηραμένου προϊόντος, λόγω της χαμηλής ικανότητας απορρόφησης νερού από το περιβάλλον, παρατηρήθηκαν σε αποξηραμένα μήλα που προηγουμένως είχαν ωσμο-αφυδατωθεί σε διαλύματα ερυθριτόλης και σακχαρόζης (Cichowska-Boqusz et al., 2020).

Σύμφωνα με τους Zhu et al. (2022), σκοπός της έρευνας τους ήταν να διερευνηθεί μία κατάλληλη μέθοδο ξήρανσης που ανταποκρίνεται στην καλύτερη επεξεργασία μήλου ούτως ώστε να αναδεικνύονται μετά την ξήρανση όλα τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των αποξηραμένων μήλων. Έτσι επιλέχτηκαν μήλα ποικιλίας Fuji τα οποία αφού πλύθηκαν, ξεφλουδίστηκαν και αφαιρέθηκε ο πυρήνας τους, κόπηκαν σε φέτες πάχους 6mm με μέση περιεκτικότητα σε υγρασία το 85% - 89%. Έπειτα, τα δείγματα φέτας μήλου τοποθετήθηκαν στο υδατικό διάλυμα προστασίας χρώματος (0,5% μεταδιθειώδους καλίου) με την αναλογία υγρού υλικού (g/mL) 1:6 για 1 λεπτό στους 25 °C. Οι φέτες μήλου αφαιρέθηκαν από το υδατικό διάλυμα προστασίας χρώματος, πλύθηκαν με απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια απορροφήθηκαν με χαρτοπετσέτα για να κηλιδωθεί το υπόλοιπο νερό στην επιφάνεια. Αμέσως μετά στα δείγματα εφαρμόστηκε ξήρανση με διάφορες μεθόδους, ξήρανση με ζεστό αέρα (HAD), ξήρανση με λυοφιλιώση(FD), ξήρανση με ζεστό αέρα σε συνδυασμό με puffing drying (HAD + EPD) και ξήρανση με ζεστό αέρα σε συνδυασμό CO2  puffing drying (HAD + CDP) . Από τα αποτελέσματα προέκυψαν πως αν και δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη γεύση και την οσμή των δειγμάτων HAD, FD, HAD + EPD και HAD + CDP, εντούτοις τα δείγματα HAD + CDP είχαν καλύτερη συνολική αποδοχή λόγω της υψηλότερης συμπεριφοράς τραγανότητας (3,09 mm). Σε σύγκριση με τα HAD, FD και HAD + EDP, το HAD + CDP είναι πιο κατάλληλο για την παραγωγή τσιπς μήλου λόγω των ιδιοτήτων υφής και της δομής των πόρων. Πιο αναλυτικά, τα δείγματα HAD + CDP παρουσίασαν τον χαμηλότερο ρυθμό συρρίκνωσης, πορώδες και συνολικό όγκο διείσδυσης και τα τσιπς μήλου παρουσίασαν επίσης εξαιρετικές φυσικές ιδιότητες και τα υψηλότερα αισθητήριακα χαρακτηριστικά όπως η τραγανότητα. Κάπως έτσι φαίνεται πως σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα η ξήρανση των μήλων με την μέθοδο HAD + CDP θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως η συνιστώμενη μέθοδος ξήρανσης για την αύξηση των φυσικών ιδιοτήτων των σνακ τσιπ μήλου (Zhu et al., 2022).

Ακόμη μία έρευνα που διεξήχθη και αφορούσε την χρήση υπερήχων για την ξήρανση μήλων είναι αυτή των Zhu et al. (2022). Σύμφωνα με αυτή την έρευνα, οι ερευνητές θέλησαν να μελετήσουν την επίδραση προεπεξεργασίας των μήλων και συγκεκριμένα της εμβάπτισης των φετών μήλου σε NaCl και της εμβάπτισης σε ζεστό νερό, και έπειτα την ξήρανση των μήλων με την μέθοδο των υπερήχων στα παραγόμενα προϊόντα. Έτσι, εξετάστηκε το προφίλ των οργανικών οξέων και των φαινόλων, η περιεκτικότητα σε PPO και VC. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν μήλα ποικιλίας Fuji, κομμένα σε λεπτές φέτες πάχους 0,4cm και στην συνέχεια είτε εμβαπτίστηκαν σε νερό, είτε σε NaCl, ενώ στην συνέχεια οδηγήθηκαν στην ξήρανση. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε πως ο χρόνος στεγνώματος βρέθηκε ότι μειώθηκε κατά 1,6-69,0% σε σύγκριση με το στέγνωμα στον αέρα χωρίς καμία προεπεξεργασία και υπερήχηση. Εν τω μεταξύ, βρέθηκε ότι η διαδοχική εμβάπτιση σε ζεστό νερό σε συνδυασμό με ξήρανση με υπερήχους έδωσε τον συντομότερο χρόνο στεγνώματος. Ένα τροποποιημένο μοντέλο διάχυσης που ενσωματώνει την εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία διάχυση υγρασίας (Deff) θα μπορούσε να προσομοιώσει καλά τη διαδικασία ξήρανσης των μήλων. Η προεπεξεργασία εμβάπτισης σε ζεστό νερό και η αερομεταφερόμενη υπερήχηση βρέθηκε ότι μειώνουν την ενέργεια ενεργοποίησης που απαιτείται για την ενίσχυση της ικανότητας διάχυσης της υγρασίας και εντείνουν την ανταλλαγή νερού στην επιφάνεια του μήλου για να επιταχύνουν τη διαδικασία ξήρανσης. Τόσο η εμβάπτιση σε ζεστό νερό όσο και η εμβάπτιση NaCl αύξησαν σημαντικά τις ποσότητες προκυανιδίνης Β2 σε αφυδατωμένες φέτες μήλου. Ωστόσο, η αερομεταφερόμενη υπερήχηση προώθησε την απώλεια της προκυανιδίνης Β2 σε φέτες μήλου με προεπεξεργασίες κατά την ξήρανση στον αέρα. Επιπλέον, η υπερήχηση δεν είχε εμφανείς επιδράσεις στη δραστηριότητα PPO μήλου και στα μεμονωμένα οργανικά οξέα καθ' όλη τη διάρκεια της ξήρανσης. Συνολικά, η διαδοχική προεπεξεργασία εμβάπτισης NaCl (ή ακόμα και προεπεξεργασία εμβάπτισης σε ζεστό νερό) και η ξήρανση με υπερήχους είναι αποτελεσματικά για τη βελτίωση της ποιότητας των αποξηραμένων φετών μήλου (Zhu et al., 2022).

### 3.5.3 Επίδραση της προεπεξεργασίας

Μία έρευνα των Wang et al. (2019), είχε ως στόχο να προσδιοριστεί και να συγκριθεί η επίδραση πέντε διαφορετικών προεπεξεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της επεξεργασίας με θειώδη (ST), της οσμωτικής αφυδάτωσης (OD), το ζεμάτισμα με ατμό (SB), το ζεμάτισμα με ατμό συν οσμωτικής αφυδάτωσης (SB+OD) και της επεξεργασίας με υπερήχους (UT), σχετικά με την κινητική ξήρανσης σε κενό μικροκυμάτων (MVD), τις φυσικοχημικές ιδιότητες και την αισθητική ποιότητα των φετών μήλου Fuji πάχους 10mm. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα φαίνεται πως οι επαναεπεξεργασίες πριν από την εφαρμογή της ξήρανσης MVD μπορούσαν να μειώσουν τον χρόνο στεγνώματος των φετών μήλου κατά 25-45% σε σύγκριση με τις μη προεπεξεργασμένες φέτες μήλου, ενώ ο χρόνος ξήρανσης στο δείγμα φετών μήλου SB+OD ήταν ο συντομότερος. Είτε υποβλήθηκε σε προεπεξεργασία είτε όχι, η διαδικασία MVD ελεγχόταν με διάχυση και χαρακτηρίστηκε από ξήρανση δύο σταδίων πτώσης. Όπως υπολογίζεται σύμφωνα με το νόμο της διάχυσης του Fick, ο συντελεστής διάχυσης της υγρασίας (Deff) κυμαίνονταν από 1,64×10¯8 έως 3,46×10¯8 m2/s. Διαφορετικές μέθοδοι προεπεξεργασίας είχαν σημαντική επίδραση στις φυσικοχημικές ιδιότητες και τις αισθητηριακές ιδιότητες των αποξηραμένων προϊόντων (p<0,05). Οι προεπεξεργασμένες με SB+OD φέτες μήλου εμφάνισαν τη χαμηλότερη συρρίκνωση (59,5%) και την υψηλότερη συνολική περιεκτικότητα σε σάκχαρα (77,90 g/100 g ξηρής ύλης). Επιπλέον, οι φέτες μήλου που είχαν υποστεί προεπεξεργασία OD έδειξαν την υψηλότερη πυκνότητα (0,953 g/cm3) και τη χαμηλότερη τιτλοποιήσιμη οξύτητα (1,67 g/100 g ξηρής ύλης). Επιπλέον, τα δείγματα που είχαν υποστεί προεπεξεργασία ST έδειξαν την υψηλότερη τιτλοποιήσιμη οξύτητα (3,21 g/100 g ξηρής ύλης) και περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (12,74 mg/100 g ξηρής ύλης), ενώ το δείγμα που υποβλήθηκε σε προεπεξεργασία με SB έδειξε την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες (18,37 mg/g ξηρής ύλης). Τα μη προκατεργασμένα με θειώδη δείγματα ήταν ανώτερα από την επεξεργασία με θειώδη ή τον έλεγχο ως προς τη γεύση, αλλά κατώτερα από την κατεργασία με θειώδη ως προς το χρώμα. Τα αποτελέσματα της αισθητηριακής αξιολόγησης προτίμησης έδειξαν ότι οι αποξηραμένες φέτες μήλου προτιμήθηκαν από τους συμμετέχοντες στην ακόλουθη σειρά: SB+OD>SB>UT>OD>ST (Wang et al., 2019).

Αξιόλογα αποτελέσματα παρουσιάζει και η έρευνα των Kapoor et al. (2022), κατά την οποία μελετήθηκε η χρηστική αξία και εφαρμογή των σκονών των φρούτων ως βρώσιμο επίχρισμα σε κομμένα μήλα για να ενσωματωθούν διάφορα λειτουργικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά στα τσιπς μήλου. Ο μετέπειτα στόχος αυτής της εργασίας ήταν να διερευνήσει τη μικροσκοπική φασματοσκοπία NIR ως εργαλείο για την ταχεία παρακολούθηση και ανάπτυξη ενός προγνωστικού μοντέλου για την ξήρανση της βρώσιμης επικάλυψης σε αυτές τις φέτες μήλου. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν μήλα ποικιλίας Galaτα οποία κόπηκαν σε φέτες πάχους 3mmμε την χρήση εργαστηριακού τεμαχιστή. Για το διάλυμα επικάλυψης χρησιμοποιήθηκε ακετυλιωμένο μονογλυκερίδιο (AMG) σε συγκέντρωση 1% β/β σε απεσταγμένο νερό όπου θερμάνθηκε στους 30oC για 15 λεπτά, έπειτα ψύχθηκε σε θερμοκρασία δωματίου και στην συνέχεια προστέθηκε η σκόνη κράνμπερι όπου ακολούθησε ομογενοποίηση στις 7000 rpm για 5 λεπτά. Σε αυτό βυθίστηκαν οι φέτες μήλου για 5 λεπτά και στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ξήρανση σε ζεστό αέρα. Έπειτα, τα φάσματα NIR συλλέχθηκαν σε διαφορετικούς χρόνους ξήρανσης και αναπτύχθηκαν μοντέλα πολυμεταβλητής βαθμονόμησης χρησιμοποιώντας παλινδρόμηση μερικών ελαχίστων τετραγώνων (PLSR) με ακατέργαστα και διάφορα προκατεργασμένα φάσματα. Αντί να επιλεχτούν διαφορετικά σετ χαρακτηριστικών μηκών κύματος για επικαλυμμένες και μη επικαλυμμένες φέτες μήλου, επιλέχθηκε ένα σύνολο 7 βασικών μηκών κύματος για βολική εφαρμογή για την παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε υγρασία κατά την ξήρανση των μήλων με ή χωρίς βρώσιμες επικαλύψεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μικροσκοπική φασματοσκοπία NIR ήταν σε θέση να παρακολουθεί τη διαδικασία ξήρανσης και να κάνει διάκριση μεταξύ των επικαλυμμένων και μη επικαλυμμένων φετών μήλου και των χρόνων ξήρανσης, κυρίως από τις διαφορές στις ζώνες απορρόφησης ζάχαρης και νερού (Kapooretal., 2022).

### 3.5.4 Επίδραση του βαθμού ωρίμασης, χρόνου αποθήκευσης στην ποιότητα των αποξηραμένων φρούτων

Επιπλέον, από έρευνα των Rizzolo et al. (2011), προέκυψαν εξίσου σημαντικά αποτελέσματα για τα αποξηραμένα φρούτα. Στόχος της έρευνας των παραπάνω ήταν να γίνει μία μελέτη της επίδρασης του βαθμού ωρίμασης και του χρόνου αποθήκευσης σε κανονική ατμόσφαιρα σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δακτυλίων μήλων όταν αυτά αποξηραίνονται σε αέρα, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη σχέση μεταξύ της υφής που παρουσιάζουν τα νωπά φρούτα και το χρώμα και τις μηχανικές ιδιότητες που παρουσιάζουν οι αποξηραμένοι δακτύλιοι μήλων. Συγκεκριμένα στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν μήλα ποικιλίας Pink Lady και κατά την συγκομιδή χρησιμοποιήθηκε η φασματοσκοπία με χρονική ανάλυση (TRS) στα 670 nmγια τον προσδιορισμό της ωριμότητας των καρπών. Στην συνέχεια, δημιουργήθηκαν τρεις πατρίδες με τυχαίους καρπούς, οι οποίες αντιστοιχούσαν στους 3 χρόνους αποθήκευσης των μήλων. Η πρώτη παρτίδα απαρτιζόταν από τους καρπούς που αντιστοιχούσαν σε χρόνο μηδέν, δηλαδή στους καρπούς που μόλις συγκομίστηκαν, η δεύτερη στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν 3 μήνες και η τρίτη παρτίδα σε αυτούς που αποθηκεύτηκαν για διάρκεια 5 μηνών σε κανονική ατμόσφαιρα +1°C. Σε κάθε διαφορετική παρτίδα, χρησιμοποιήθηκαν τρεις δακτύλιοι μήλων πάχους 5 mm, οι οποίοι αποξηράθηκαν με την χρήση αέρα στους 80°C μέχρι την απόκτηση σταθερού βάρους χρησιμοποιώντας πιλοτικό στεγνωτήριο με κυκλοφορία αέρα. Τα φρέσκα φρούτα αναλύθηκαν για τα μηχανικά χαρακτηριστικά του πολτού (σκληρότητα, ακαμψία και ενέργεια σε ρήξη, Ef), σχετικός μεσοκυττάριος χώρος όγκος (RISV), περιεκτικότητα σε διαλυτό στερεό (SSC) και ξηρή ύλη (DM). Επιπλέον πραγματοποιήθηκε και ανάλυση χρώματος και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των μήλων. Έτσι από την μελέτη όλων των παραπάνω, προέκυψε πως τα αποθηκευμένα φρούτα συγκριτικά με τα φρούτα της πρώτης παρτίδας (χρόνος μηδέν-συγκομιδή), ήταν πιο μαλακά και είχαν χαμηλότερη ακαμψία και ενέργεια σε θραύση, ενώ η περιεκτικότητα τους σε διαλυτά στερεά και σε σχετικό όγκο μεσοκυττάριου χώρου. Όσον αφορά τα μήλα που ήταν λιγότερο ώριμα αυτά παρουσίασαν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά και ξηρή ύλη, ενώ τα μέτρια ώριμα μήλα, παρουσίασαν υψηλότερη κοκκινάδα και μικρότερη κιτρινάδα από ότι στις άλλες κατηγορίες. Όσον αφορά των δείκτη μαυρίσματος, το συνολικό χρώμα, το χρώμα και την απόχρωση, τα μήλα που αποθηκεύτηκαν για 3 μήνες, παρουσίασαν υψηλότερες διαφορές συγκριτικά με τα φρέσκα μήλα και αυτά που αποθηκεύτηκαν για 5 μήνες. Τέλος, δακτύλιοι που δεν αποθηκεύτηκαν καθόλου και ήταν λιγότερο ώριμοι παρουσίασαν υψηλότερο δείκτη μαυρίσματος, σκληρότητα, τραγανότητα και ενέργεια στο σημείο θραύσης, σε σύγκριση με τα πιο ώριμα φρούτα δηλαδή αυτά που υπέστησαν επεξεργασία μετά από αποθήκευση (Rizzolo et al., 2011).

### 3.5.5 Αποξηραμένα Φρούτα και Ανθρώπινη Υγεία

Η έρευνα των Sadler et al. (2019), αποτελεί μία εργασία που βασίζεται σε ένα επιστημονικό εργαστήριο που έλαβε χώρα κατά το 2018 στο Ηνωμένο Βασίλειο, που σκοπό είχε την διερεύνηση βασικών επιστημονικών ζητημάτων που σχετίζονται με τα αποξηραμένα φρούτα. Βασικός άξονας της μελέτης ήταν να διερευνηθεί η βάση στοιχείων για την πιθανή συμβολή των παραδοσιακών αποξηραμένων φρούτων στην δημόσια υγεία, ο εντοπισμός των κενών στα στοιχεία και ο καθορισμός προτεραιοτήτων για την ανάπτυξη περαιτέρω έρευνας στο κομμάτι των αποξηραμένων φρούτων. Έτσι από την έρευνα αυτή προέκυψαν αξιόλογα αποτελέσματα και κύρια σημεία που φαίνεται πως ρίχνουν φως στα ζητούμενα για τα οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από την έρευνα ξεκαθαρίστηκε ο ορισμός των αποξηραμένων φρούτων, ενώ ταυτόχρονα αξιολογήθηκε και η θρεπτική αξία των αποξηραμένων φρούτων συγκριτικά με τα φρέσκα φρούτα, δείχνοντας πως τόσο οι διαιτητικές ίνες όσο και οι πολυφαινόλες αλλά και οι αντιοξειδωτικές ουσίες είναι περισσότερες στα αποξηραμένα φρούτα με εξαίρεση την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C που φαίνεται πως είναι μικρότερη. Όσον αφορά την κατανάλωση των αποξηραμένων φρούτων η έρευνα καταλήγει στο ότι είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, ενώ η καταναλωτική συμπεριφορά των σνακ μπορεί να αποτελεί στόχο για την ανάπτυξη στρατηγικών με στόχο την επιλογή των κατάλληλων σνακ. Επιπλέον, η έρευνα καταλήγει στο ότι υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία σχετικά με την σχέση οδοντικής υγείας και παραδοσιακών αποξηραμένων φρούτων, ωστόσο φαίνεται πως η αύξηση κατανάλωσης αποξηραμένων φρούτων στα 30g/ημέρα σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο μη μεταδοτικών ασθενειών όπως ο καρκίνος του παχέος εντέρου, η στεφανιαία νόσος και ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2. Κάπως έτσι, η έρευνα καταλήγει στο ότι η ενθάρρυνση της πρόσληψης αποξηραμένων φρούτων θα μπορούσε να βοηθήσει τους καταναλωτές να επιτύχουν τη συνιστώμενη πρόσληψη φρούτων και λαχανικών, όπου αυτή ορίζεται στα 5 ημερησίως, είτε η χρήση φρούτων και λαχανικών περιορίζεται στην νωπή ή αποξηραμένη κατανάλωση, είτε ενσωματώνοντας τα αποξηραμένα αλλά και τα φρέσκα στην ζαχαροπλαστική με σκοπό μία πιο υγιεινή διατροφή (Sadler et al., 2019).

# 4. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής δουλειάς ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της προεπεξεργασίας σε κιτρικό οξύ σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και η επίδραση της ξήρανσης σε διαφορετικές θερμοκρασίες στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δύο διαφορετικών ποικιλιών μήλου. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αξιολογήθηκαν από δοκιμαστές με σκοπό την εξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με την ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος μέσα από την αντίληψη του καταναλωτή.

# 5. Υλικά και Μέθοδοι

## 5.1 Προετοιμασία δειγμάτων

Τα μήλα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία ήταν των ποικιλιών Fujiκαι Starking και αγοράστηκαν από την τοπική αγορά της περιοχής. Τα φρέσκα μήλα πλύθηκαν, ξεφλουδίστηκαν, αφαιρέθηκε ο πυρήνας τους και έπειτα κόπηκαν σε φέτες πάχους 3-4mm, χρησιμοποιώντας εργαστηριακό τεμαχιστή.

Ως διάλυμα επικάλυψης χρησιμοποιήθηκε κιτρικό οξύ σε δύο διαφορετικές συγκεντρώσεις και για τις δύο διαφορετικές ποικιλίες. Για τον σκοπό αυτό παρασκευάστηκαν διαλύματα κιτρικού οξέος και απεσταγμένου νερού, όπου οι συγκεντρώσεις του κιτρικού οξέος που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 0,5g/Lκαι 5 g/L (Πίνακας 2). Η εφαρμογή του διαλύματος επικάλυψης έγινε με την βύθιση των φετών μήλου ξεχωριστά, ενώ η παραμονή των μήλων στο διάλυμα επικάλυψης ήταν διάρκειας 1 λεπτού σε θερμοκρασία δωματίου (25oC).

## 5.2 Ξήρανση των μήλων

Για την ξήρανση των μήλων χρησιμοποιήθηκε ξηραντήρας με ράφια (tray dryer), ο οποίος αποτελείται από ένα μονωμένο θάλαμο ξήρανσης που περιέχει ράφια με δίσκους. Τοποθετήθηκαν 70 φέτες μήλου ανά δίσκο και εφαρμόστηκαν διαφορετικές θερμοκρασίες ανά πειραματική μεταχείριση έως ότου η υγρασία στο εσωτερικό του ξηραντήρα φτάσει στο 18%.

Στην πρώτη περίπτωση ο ξηραντήρας λειτούργησε στους 45 oC για 27 ώρες, ώσπου η υγρασία έφτασε στο 22,5% και έπειτα εφαρμόστηκε εκ νέου θέρμανση για άλλες 6 ώρες για την επίτευξη της επιθυμητής υγρασίας (18%), χωρίς ωστόσο αυτό να είναι εφικτό. Συνολικά τα δείγματα αποξηράθηκαν για 33 ώρες στους 45 oC. Στην δεύτερη περίπτωση ο ξηραντήρας λειτούργησε στους 65 oC για 18 ώρες, ώσπου η υγρασία έφτασε στο 18% (Πίνακας 2).

Έπειτα όταν παρελήφθη το τελικό προϊόν, οι φέτες μήλου τοποθετήθηκαν και αποθηκεύτηκαν για έναν μήνα σε σακούλα vacuum, μέχρι την στιγμή που δόθηκαν για δοκιμή στους δοκιμαστές.

Πίνακας 2. Πειραματικές Μεταχειρίσεις.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Συγκέντρωση κιτρικού οξέος/**  **Θερμοκρασία Ξηραντήρα** | **0,5 g/L** | **5 g/L** |
| **45 oC** | 1 –Π1 | 5 –Π1 |
| 2 – Π2 | 6 –Π2 |
| **65 oC** | 3 – Π1 | 7 – Π1 |
| 4 – Π2 | 8 – Π2 |

\*Όπου Π1 αντιστοιχεί στην ποικιλία Fujiκαι Π2 αντιστοιχεί στην ποικιλία Starking.

## 5.3 Οργανοληπτικός έλεγχος – γευστική και οπτική δοκιμή

Για την δοκιμή των τεμαχίων μήλου, δόθηκε ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση του χρώματος, του αρώματος, της οξύτητας, της γλυκύτητας και της αρεστότητας του μήλου. Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 6 επιμέρους ερωτήματα σχετικά με τις παραπάνω παραμέτρους και μίας επιπλέον που αφορούσε το αν θα αγόραζαν οι συμμετέχοντες κάποιοι από τα προϊόντα που δοκίμασαν και κλήθηκαν να αξιολογήσουν. Το ερωτηματολόγιο ήταν με αδιαβάθμιτη κλίμακα για τις 5 ερωτήσεις, με 0,15 εκατοστά, τοποθετώντας τις απαντήσεις τους εντός της κλίμακας από την απάντηση «Καθόλου», «Μέτρια» έως και την απάντηση «Πολύ». Τέλος, μία εκ των ερωτήσεων ήταν κλειστού τύπου (Παρατίθεται το ερωτηματολόγιο στο Παράρτημα).

Οι δοκιμαστές στο σύνολο ήταν 14 και δεν δοκίμασαν όλοι τεμάχια μήλων που προήλθαν από όλες τις πειραματικές μεταχειρίσεις. Η διανομή των δειγμάτων έγινε εφαρμόζοντας ένα τυχαιοποιημένο σχέδιο όπως φαίνεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Πειραματικές μεταχειρίσεις τις οποίες δοκίμασε κάθε δοκιμαστής.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Δοκ 1** | **Δοκ 2** | **Δοκ 3** | **Δοκ 4** | **Δοκ 5** | **Δοκ 6** | **Δοκ 7** | **Δοκ 8** | **Δοκ 9** | **Δοκ 10** | **Δοκ 11** | **Δοκ 12** | **Δοκ 13** | **Δοκ 14** |
| 3 | 8 | 2 | 8 | 1 | 4 | 3 | 6 | 3 | 5 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 2 | 7 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 2 | 8 | 2 | 4 | 7 | 4 | 5 |
| 1 | 6 | 1 | 3 | 2 | 3 | 7 | 4 | 1 | 7 | 5 | 3 | 6 | 2 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 5 | 1 | 8 | 6 | 4 | 8 | 6 | 7 | 8 |

## 5.4 Στατιστική Ανάλυση

Η καταγραφή των δεδομένων έγινε στο πρόγραμμα Microsoft Excel 2007.Επιπλέον, για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA). Πρώτα απ όλα ελέγχθηκε η ύπαρξη κανονικότητας στα υπολείμματα (residuals), και η ομοιογένεια στη διασπορά των υπολειμμάτων. Για τη στατιστική ανάλυση των παραπάνω, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Μinitab 2020.

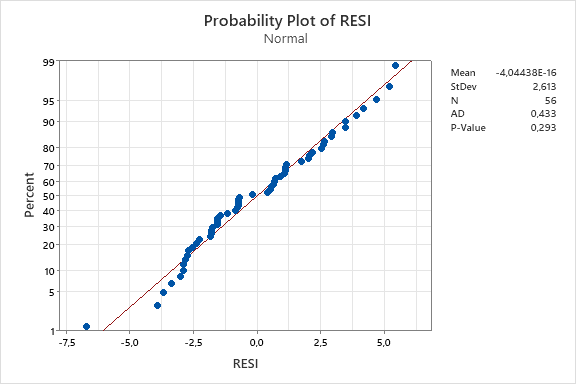
# 6. Αποτελέσματα και Συζήτηση

## 6.1 Αποτελέσματα

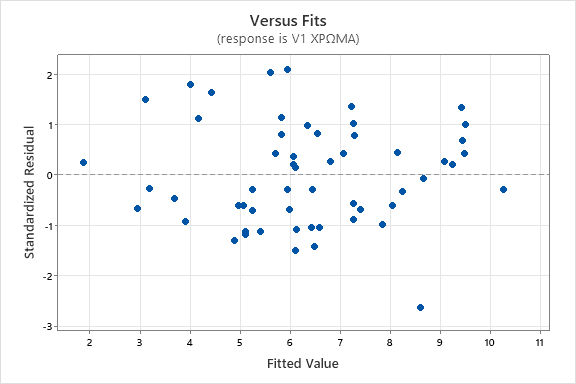
Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά.

***Χρώμα***

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως για την παράμετρο του χρώματος ελέγχθηκαν και ικανοποιούνται πλήρως τα κριτήρια της κανονικότητας και της ομοιογένειας (Σχήμα 1 &Σχήμα 2).



Σχήμα 1. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα.

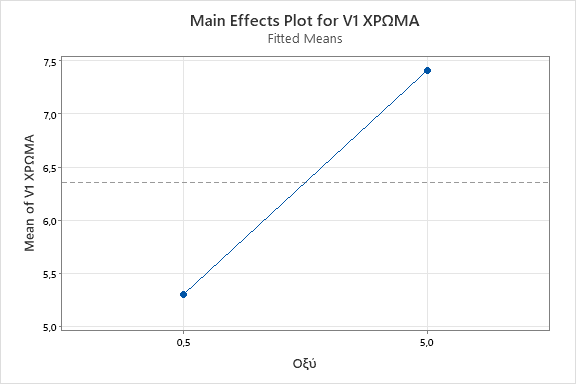


Σχήμα 2. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά του χρώματος.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά το χρώμα φαίνεται πως το οξύ επηρέασε με κάποιον τρόπο την παράμετρο του χρώματος. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, η προσθήκη κιτρικού οξέος 5% (P-Value 0,030 <P-Value 0,05), επηρέασε το χρώμα, καθώς τα αποξηραμένα μήλα με προσθήκη κιτρικού οξέος παρουσίασαν εντονότερο χρώμα συγκριτικά με αυτά στα οποία δεν είχε προηγηθεί προσθήκη κιτρικού οξέος (Πίνακας 4 & Σχήμα 3).

Πίνακας 4. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στο χρώμα των μήλων.

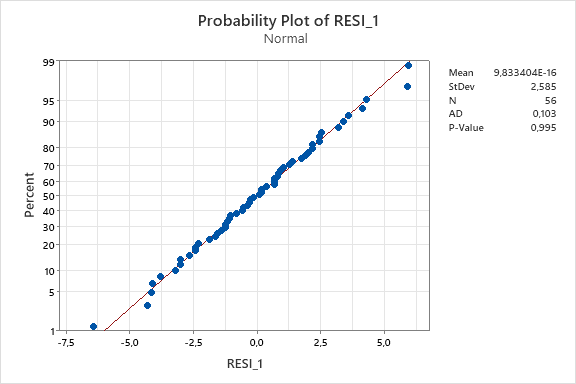
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Source** | **DF** | **Adj SS** | **Adj MS** | **F-Value** | **P-Value** |
| Οξύ | 1 | 53,130 | 53,1302 | 5,09 | 0,030 |
| Θερμοκρασία | 1 | 36,750 | 36,7500 | 3,52 | 0,069 |
| Ποικιλία | 1 | 2,613 | 2,6133 | 0,25 | 0,620 |
| ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ | 13 | 91,690 | 7,0531 | 0,68 | 0,772 |
| Οξύ\*Θερμοκρασία | 1 | 0,021 | 0,0208 | 0,00 | 0,965 |
| Οξύ\*Ποικιλία | 1 | 8,250 | 8,2502 | 0,79 | 0,380 |
| Θερμοκρασία\*Ποικιλία | 1 | 3,152 | 3,1519 | 0,30 | 0,586 |
| Error | 36 | 375,536 | 10,4316 |  |  |
| Total | 55 | 567,918 |  |  |  |



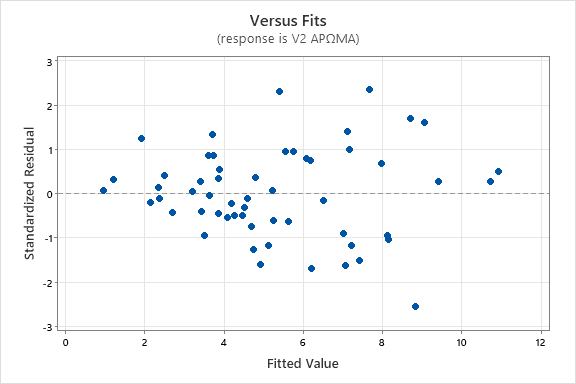
Σχήμα 3. Διαφορές μεταξύ μέσων όρων για το χρώμα.

***Άρωμα***

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως για την παράμετρο του αρώματος που ελέγχθηκε ικανοποιούνται πλήρως τα κριτήρια της κανονικότητας και της ομοιογένειας (Σχήμα 4 & Σχήμα 5).



Σχήμα 4. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα.



Σχήμα 5. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά του αρώματος.

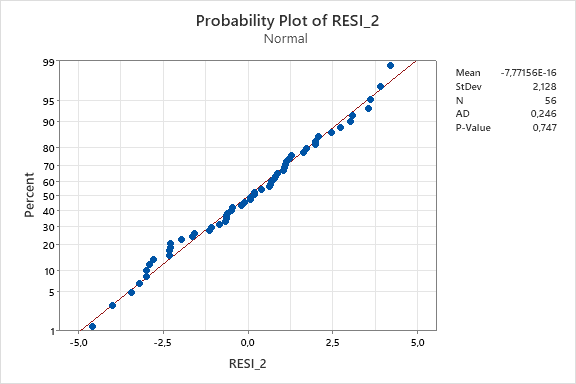
Όσον αφορά το άρωμα, δεν βρέθηκε να υπάρχει κάποιο στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα. Ούτε οι πραγματευόμενοι παράγοντες, καθώς επίσης και ούτε οι αλληλεπιδράσεις τους δεν φάνηκε να επηρεάζουν το άρωμα με οποιονδήποτε τρόπο (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στο άρωμα των μήλων.

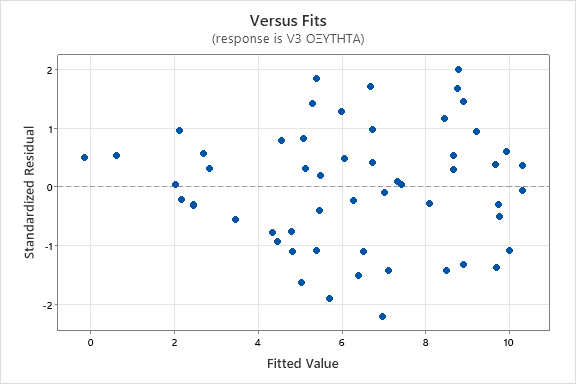
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Source** | **DF** | **Adj SS** | **Adj MS** | **F-Value** | **P-Value** |
| Οξύ | 1 | 3,360 | 3,3602 | 0,33 | 0,570 |
| Θερμοκρασία | 1 | 0,963 | 0,9633 | 0,09 | 0,760 |
| Ποικιλία | 1 | 36,750 | 36,7500 | 3,60 | 0,066 |
| ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ | 13 | 225,816 | 17,3704 | 1,70 | 0,103 |
| Οξύ\*Θερμοκρασία | 1 | 3,307 | 3,3075 | 0,32 | 0,573 |
| Οξύ\*Ποικιλία | 1 | 0,563 | 0,5633 | 0,06 | 0,816 |
| Θερμοκρασία\*Ποικιλία | 1 | 6,092 | 6,0919 | 0,60 | 0,445 |
| Error | 36 | 367,559 | 10,2100 |  |  |
| Total | 55 | 665,137 |  |  |  |

***Οξύτητα***

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως για την παράμετρο της οξύτητας που ελέγχθηκε ικανοποιούνται πλήρως τα κριτήρια της κανονικότητας και της ομοιογένειας (Σχήμα 6 & Σχήμα 7).



Σχήμα 6. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα.

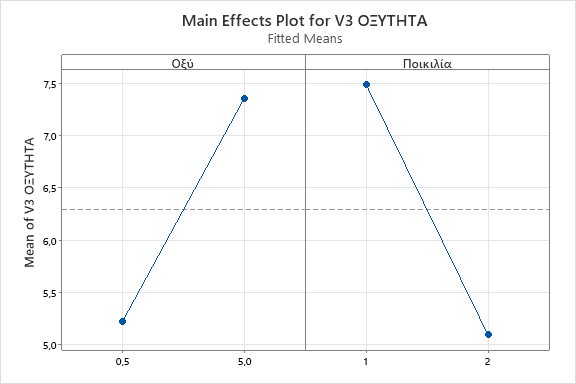


Σχήμα 7. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά της οξύτητας.

Όσον αφορά την οξύτητα, παρατηρήθηκαν κάποιες στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραμέτρων του οξέως, της ποικιλίας αλλά και των δοκιμαστών. Συγκεκριμένα όπως φαίνεται και από τον πίνακα 6, διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν μεταξύ των μετρήσεων που αφορούσαν την επίδραση της προεπεξεργασίας με οξύ καθώς P-Value 0,008<P-Value 0,05, την επίδραση της ποικιλίας καθώς P-Value 0,003<P-Value 0,05 και των δοκιμαστών καθώς P-Value 0,031<P-Value 0,05 (Πίνακας 6). Από αυτά προκύπτουν πως με την προσθήκη μεγαλύτερης ποσότητας οξέος, αυξήθηκε και η οξύτητα στα δείγματα, ενώ φαίνεται παράλληλα πως η ποικιλία 1 είναι πιο όξινη συγκριτικά με την ποικιλία 2 (Σχήμα 8).

Πίνακας 6. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην οξύτητα των μήλων.

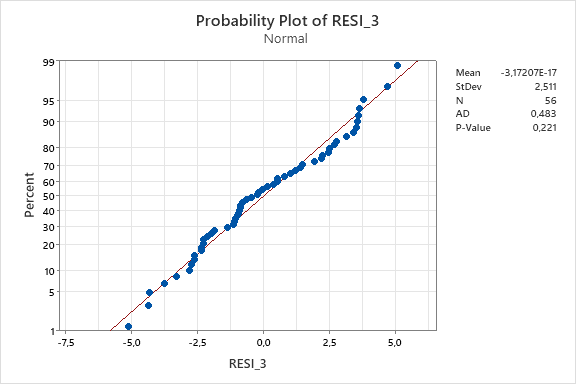
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Source** | **DF** | **Adj SS** | **Adj MS** | **F-Value** | **P-Value** |
| Οξύ | 1 | 54,400 | 54,4002 | 7,86 | 0,008 |
| Θερμοκρασία | 1 | 0,007 | 0,0075 | 0,00 | 0,974 |
| Ποικιλία | 1 | 68,880 | 68,8802 | 9,96 | 0,003 |
| ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ | 13 | 198,360 | 15,2585 | 2,21 | 0,031 |
| Οξύ\*Θερμοκρασία | 1 | 8,841 | 8,8408 | 1,28 | 0,266 |
| Οξύ\*Ποικιλία | 1 | 21,333 | 21,3333 | 3,08 | 0,088 |
| Θερμοκρασία\*Ποικιλία | 1 | 3,255 | 3,2552 | 0,47 | 0,497 |
| Error | 36 | 249,023 | 6,9173 |  |  |
| Total | 55 | 632,417 |  |  |  |



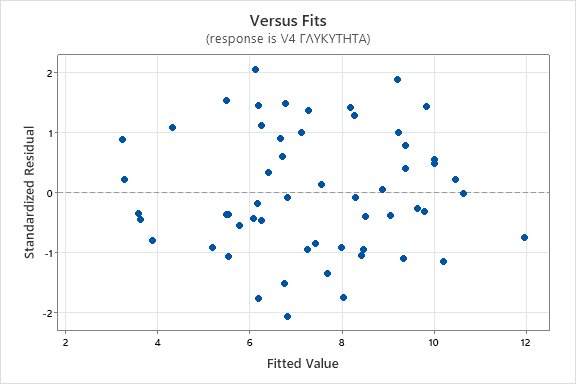
Σχήμα 8. Διαφορές μεταξύ μέσων όρων για την οξύτητα.

***Γλυκύτητα***

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως για την παράμετρο της γλυκύτητας που ελέγχθηκε ικανοποιούνται πλήρως τα κριτήρια της κανονικότητας και της ομοιογένειας (Σχήμα 9 & Σχήμα 10).



Σχήμα 9. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα.

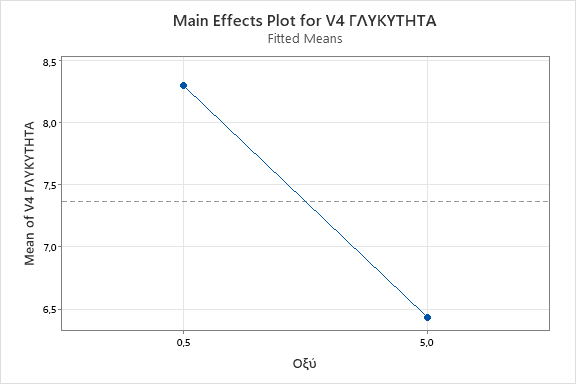


Σχήμα 10.Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά της γλυκύτητας.

Επιπλέον, αξιολογήθηκε και η επίδραση όλων των παραμέτρων στην γλυκύτητα των αποξηραμένων φετών μήλου. Από την ανάλυση λοιπόν των αποτελεσμάτων προέκυψε πως για την γλυκύτητα, στατιστικώς σημαντική παράμετρος που την επηρέασε προέκυψε πως ήταν μόνο το οξύ. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, για το οξύ P-Value 0,045<P-Value 0,05 (Πίνακας 7). Επιπλέον, σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα προκύπτει πως με την προσθήκη μεγαλύτερης ποσότητας οξέος, μειώνεται η οργανοληπτική γλυκύτητα των αποξηραμένων μήλων (Σχήμα 11).

Πίνακας 7. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην γλυκύτητα των μήλων.

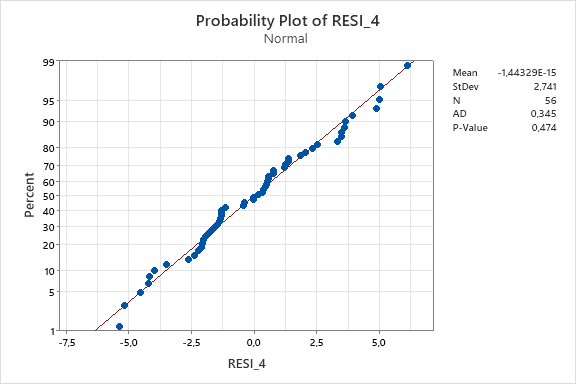
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Source** | **DF** | **Adj SS** | **Adj MS** | **F-Value** | **P-Value** |
| Οξύ | 1 | 41,627 | 41,6269 | 4,32 | 0,045 |
| Θερμοκρασία | 1 | 9,810 | 9,8102 | 1,02 | 0,320 |
| Ποικιλία | 1 | 8,417 | 8,4169 | 0,87 | 0,356 |
| ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ | 13 | 97,109 | 7,4699 | 0,78 | 0,680 |
| Οξύ\*Θερμοκρασία | 1 | 7,600 | 7,6002 | 0,79 | 0,380 |
| Οξύ\*Ποικιλία | 1 | 2,297 | 2,2969 | 0,24 | 0,628 |
| Θερμοκρασία\*Ποικιλία | 1 | 0,035 | 0,0352 | 0,00 | 0,952 |
| Error | 36 | 346,881 | 9,6356 |  |  |
| Total | 55 | 576,826 |  |  |  |



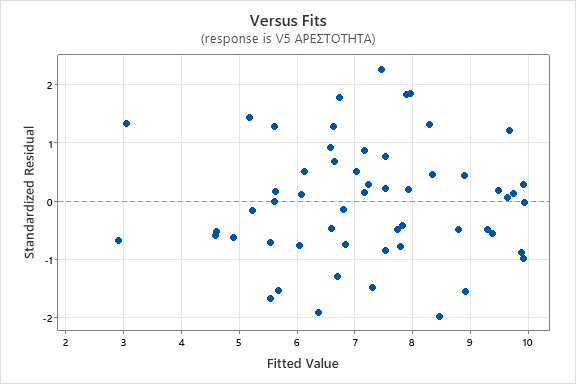
Σχήμα 11.Διαφορές μεταξύ μέσων όρων για την γλυκύτητα.

***Αρεστότητα***

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως για την παράμετρο της αρεστότητας που ελέγχθηκε ικανοποιούνται πλήρως τα κριτήρια της κανονικότητας και της ομοιογένειας (Σχήμα 12 & Σχήμα 13).



Σχήμα 12. Γραφική Παράσταση κανονικότητας στα υπολείμματα.



Σχήμα 13. Γραφική Παράσταση ομοιογένειας στην διασπορά της αρεστότητας.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με την επίδραση όλων των παραμέτρων στην αρεστότητα όπως φαίνεται και από τον πίνακα δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικά ευρήματα (Πίνακας 8).

Πίνακας 8. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην αρεστότητα των μήλων.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Source** | **DF** | **Adj SS** | **Adj MS** | **F-Value** | **P-Value** |
| Οξύ | 1 | 2,852 | 2,8519 | 0,25 | 0,621 |
| Θερμοκρασία | 1 | 9,100 | 9,1002 | 0,79 | 0,379 |
| Ποικιλία | 1 | 45,047 | 45,0469 | 3,93 | 0,055 |
| ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ | 13 | 130,238 | 10,0183 | 0,87 | 0,586 |
| Οξύ\*Θερμοκρασία | 1 | 4,025 | 4,0252 | 0,35 | 0,557 |
| Οξύ\*Ποικιλία | 1 | 0,163 | 0,1633 | 0,01 | 0,906 |
| Θερμοκρασία\*Ποικιλία | 1 | 1,577 | 1,5769 | 0,14 | 0,713 |
| Error | 36 | 413,151 | 11,4764 |  |  |
| Total | 55 | 575,454 |  |  |  |

Όσον αφορά την αρέστοτητα όπως αυτή προκύπτει από την δοκιμή από τους δοκιμαστές, φαίνεται πως η προεπεξεργασία με οξύ σε συγκέντρωση 0,5%, συγκέντρωσε μεγαλύτερη αρέσκεια συγκριτικά με την μεγαλύτερη χωρίς ωστόσο να υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων. Όσον αφορά την θερμοκρασία φαίνεται πως η χαμηλότερη θερμοκρασία και συγκεκριμένα όταν η επεξεργασία έγινε στους 45oC, παρουσίασε μεγαλύτερο μέσο όρο από την βαθμολογία των δοκιμαστών, χωρίς ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση να προκύψει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Επιπλέον, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για την ποικιλία, φαίνεται πως η πρώτη ποικιλία δηλαδή τα μήλα ποικιλίαςFuji, φάνηκε πως άρεσαν περισσότερο στους δοκιμαστές, ενώ και σε αυτή την περίπτωση δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Τέλος, φαίνεται πως υπάρχει μία προτίμηση από τους δοκιμαστές ως προς τα μήλα που είχαν προεπεξεργαστεί με κιτρικό οξύ συγκέντρωσης 0,5%, των μήλων που ξηράνθηκαν σε χαμηλή θερμοκρασία και στα μήλα της ποικιλίας Fuji (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Μέσοι όροι από τις μετρήσεις της αρεσκείας ανάλογα με την προεπεξεργασία σε διαφορετικές συγκεντρώσεις κιτρικού οξέος, την θερμοκρασία επεξεργασίας και την ποικιλία των χρησιμοποιούμενων μήλων.

|  |  |
| --- | --- |
| **Term** | **Fitted Mean** |
| Οξύ |  |
| 0,5 | 7,4545 |
| 5,0 | 6,9670 |
| Θερμοκρασία |  |
| 45 | 7,6461 |
| 65 | 6,7753 |
| Ποικιλία |  |
| 1 | 8,1795 |
| 2 | 6,2420 |

## 6.2 Συζήτηση

Η παρούσα ερευνητική δουλειά είχε ως στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης δύο διαφορετικών μέσων προεπεξεργασίας και δύο διαφορετικών θερμοκρασιών ξήρανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, άρωμα, οξύτητα, γλυκύτητα, αρεστότητα και αρέσκεια) των αποξηραμένων μήλων. Με βάση λοιπόν την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως η προσθήκη οξέος 5% οδήγησε σε εντονότερο χρώμα, ενώ ταυτόχρονα η προεπεξεργασία με μεγαλύτερη ποσότητα κιτρικού οξέος 5% οδήγησε σε αύξηση της οξύτητας κυρίως στην ποικιλία Fuji. Παράλληλα, η γλυκύτητα μειώνεται, όσο αυξάνεται η προστιθέμενη ποσότητα κιτρικού οξέος. Όσον αφορά τις παραμέτρους του αρώματος και της αρεστότητας δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικώς σημαντική επίδραση. Τέλος, όσον αφορά την αρέσκεια, παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές και φαίνεται πως οι δοκιμαστές έδειξαν προτίμηση στα μήλα της ποικιλίας Fuji τα οποία προπεξεργάστηκαν με προσθήκη κιτρικού οξέος 0,5% και ξηράνθηκαν σε θερμοκρασία 45 oC.

Ξεκινώντας από το χρώμα, αυτό αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες ποιότητας των τροφίμων που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την αποδοχή των τροφίμων και μάλιστα από πολλές έρευνες έχει προκύψει πως τα επεξεργασμένα φρούτα είναι πολύ περισσότερο αποδεκτά από τους καταναλωτές, εάν τα χρώματα τους είναι κοντά σε αυτά που φυσιολογικά φέρουν τα μη επεξεργασμένα φρούτα (Wrolstad & Smith, 2010; Coklar et al., 2018). Όσον αφορά την επίδραση του κιτρικού οξέος στο χρώμα, υπάρχει μία συμφωνία της παρούσας διατριβής με άλλους ερευνητές και ερευνητικές εργασίες. Από την παρούσα έρευνα φαίνεται πως η προσθήκη κιτρικού οξέος επίδρασε θετικά στο χρώμα, καθώς το χρώμα καταγράφηκε ως σημαντικά εντονότερο στην μεταχείριση στην οποία έγινε προσθήκη κιτρικού οξέος 5%, σε αντίθεση με την μεταχείριση όπου δεν έγινε προσθήκη κιτρικού οξέος, ενώ κάτι αντίστοιχο επιβεβαιώνουν και άλλες έρευνες όπως αυτές των Limbo & Piergiovanni (2006) και Goyeneche et al. (2014), που υποστηρίζουν πως το κιτρικό οξύ έχει την ικανότητα να μειώνει το pH για την ελαχιστοποίηση του μαυρίσματος των αφυδατωμένων φετών μήλου. Από την άλλη, όσον αφορά την επίδραση της θερμοκρασίας στο χρώμα των αποξηραμένων μήλων σύμφωνα με τους Sacilik και Elicin (2006), φαίνεται πως οι υψηλότερες θερμοκρασίες κατά την ξήρανση έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση του χρώματος και την εμφάνιση πιο σκούρου χρώματος στις φέτες των μήλων. Σε έρευνα των Demiray et al. (2023), κάτι τέτοιο επιβεβαιώνεται καθώς η ξήρανση μήλων σε θερμοκρασία 45 οC, παρουσίασαν καλύτερο χρώμα συγκριτικά με ξήρανση στους 65 οC.Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη, καθώς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αφορά το χρώμα των αποξηραμένων μήλων ανάλογα με την θερμοκρασία ξήρανσης τους. Κάτι τέτοιο ωστόσο, μπορεί να αιτιολογείται και να σχετίζεται ενδεχομένως με την προεπεξεργασία που εφαρμόστηκε με κιτρικό οξύ για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, δηλαδή λόγω της ικανότητας του κιτρικού οξέος να μειώνει το μαύρισμα των φρούτων κατά την επεξεργασία.

Όσον αφορά τα γευστικά χαρακτηριστικά, σύμφωνα με τους Chen et al. (2016), όσον αφορά την γεύση το κιτρικό οξύ αποτελεί ένα οργανικό οξύ που υπάρχει φυσικά στα φρούτα και δεν επηρεάζει αρνητικά τη γεύση των φυτικών προϊόντων (Chen et al., 2016). Η αντίληψη της γεύσης των φρούτων δίνεται από την οξύτητα των μήλων, καθώς θεωρείται πως η ξινή γεύση εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα όπως τα μηλικά ή τα κιτρικά οξέα, ενώ η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά είναι υπεύθυνη για την γλυκιά γεύση. Από την παρούσα διατριβή προκύπτει πως όσο αυξάνεται η προσθήκη κιτρικού οξέος κατά την προεπεξεργασία των φετών μήλου, τόσο αυξάνεται και η οξύτητα των τελικών προϊόντων ενώ ταυτόχρονα τόσο μειώνεται η γλυκύτητα τους. Επιπλέον, αυτό είχε ως συνολικό αποτέλεσμα πως η προσθήκη 5% κιτρικού οξέος επηρέασε δυσμενώς την αρέσκεια καθώς η γλυκύτητα των αποξηραμένων μήλων και των δύο ποικιλιών μειώθηκε σημαντικά. Παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα έρευνα έρχεται να δώσει η έρευνα των Roby et al. (2019), καθώς έδειξε πως η προεπεξεργασία με κιτρικό οξύ αύξησε σημαντικά την οξύτητα των μήλων, σε αντίθεση με τις άλλες προεπεξεργασίες όπου αυτή καταγράφηκε σημαντικά χαμηλότερη. Από την άλλη, άλλη μία έρευνα έρχεται να συμφωνήσει με τον παραπάνω ισχυρισμό, αλλά να διαφωνήσει με την παρούσα. Συγκεκριμένα σε έρευνα των Ghinea et al. (2022), φάνηκε πως για τρεις ποικιλίες μήλου (Starkimson, Golden Delicious και Florina), που εξετάστηκαν, παρατηρήθηκε αύξηση της οξύτητας αλλά αυτή παρατηρήθηκε εξαιτίας της θερμοκρασίας των 65 οCπου εφαρμόστηκε, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην παρούσα ερευνητική δουλειά.

Επιπλέον, στην παρούσα διατριβή δεν καταγράφονται στατιστικώς σημαντικές επιδράσεις ανάμεσα τις διαφορετικές προσθήκες κιτρικού οξέος ή ανάμεσα στις διαφορετικές θερμοκρασίες ξήρανσης όσον αφορά το άρωμα. Στην παγκόσμια βιβλιογραφία υπάρχουν κι άλλες έρευνες στις οποίες δεν παρατηρείται επίδραση αυτών των παραμέτρων στο άρωμα των φετών μήλων. Συγκεκριμένα σε έρευνα των Roby et al. (2019), και σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φάνηκε πως η προπεξεργασία με κιτρικό οξύ δεν έδειξε σημαντική επίδραση στο άρωμα των αποξηραμένων φετών μήλων.

Όσον αφορά την γλυκύτητα, τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής δείχνουν πως με την αύξηση της προσθήκης κιτρικού οξέος παρατηρείται μείωση της γλυκύτητας, ενώ η θερμοκρασία ξήρανσης δεν φαίνεται να επιδρά στην γλυκύτητα. Στην έρευνα των Roby et al. (2019), η προεπεξεργασία με 0,5% κιτρικό οξύ, φαίνεται πως δεν έχει κάποια επίδραση στην γλυκύτητα των αποξηραμένων φετών μήλου. Από την άλλη, όσον αφορά την επίδραση της θερμοκρασίας στην γλυκύτητα, από ερευνά των Onal et al. (2019), προκύπτει πως η υψηλότερη θερμοκρασία ξήρανσης μεταξύ 60 έως 65 oC σε συνδυασμό με κάποιου είδους προεπεξεργασία, ευνοούν την γλυκύτητα και επομένως την γεύση των αποξηραμένων μήλων συμβάλλοντας στην συνολική αποδοχή από τους καταναλωτές.

Όσον αφορά την αρεστότητα πέρα από την επίδραση του κιτρικού οξέος σε αυτή την παράμετρο όπως αναλύθηκε παραπάνω, σημαντική επίδραση φαίνεται πως έχει η θερμοκρασία ξήρανσης. Όσον αφορά λοιπόν την θερμοκρασία που χρησιμοποιείται κατά την ξήρανση ενός φυτικού υλικού όπως είναι τα φρούτα, φαίνεται πως ο ζεστός αέρας οδηγεί συχνά σε μείωση της ποιότητας των αποξηραμένων τροφίμων, παρουσιάζοντας ανεπιθύμητες διαφορές στις αισθητηριακές ιδιότητες όπως η εμφάνιση, η υφή και η γεύση (Djekic et al., 2018). Η συνέπεια της αφυδάτωσης με τη χρήση ζεστού αέρα οδηγεί αναπόφευκτα σε επιδείνωση του μαυρίσματος της επιφάνειας και επηρεάζει και άλλες αισθητηριακές ιδιότητες των αποξηραμένων μήλων, με αποτέλεσμα να οδηγεί σε μειωμένη αποδοχή και προτίμηση από το καταναλωτικό κοινό (Li et al., 2019; Shrestha et al., 2020). Θερμοκρασίες ξήρανσης κάτω από τους 50 oC, έχει αναφερθεί ότι ενισχύουν τις θρεπτικές αλλά και τις αισθητηριακές ιδιότητες των αποξηραμένων μήλων που οδηγούν και σε αυξημένη προτίμηση από το καταναλωτικό κοινό (Onal et al., 2019). Ομοίως στην παρούσα διατριβή όσον αφορά την παράμετρο της θερμοκρασίας, τα αποτελέσματα και η τάση όπως αυτή προέκυψε από τους δοκιμαστές, φαίνεται να συμφωνεί με την παραπάνω παραδοχή, τουλάχιστον όσον αφορά τουλάχιστον την παράμετρο της αρεσκείας, καθώς οι δοκιμαστές επέλεξαν ως πιο αρεστά τα μήλα όπου ξηράθηκαν σε θερμοκρασία 45 oC.

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην μετέπειτα έρευνα για την μελέτη της επίδρασης του κιτρικού οξέος ως προεπεξεργασία αλλά και την μελέτης της επίδρασης διαφορετικών θερμοκρασιών στην αποξήρανση φρούτων μέσα από τα μάτια του καταναλωτικού κοινού. Τόσο τα μέσα προεπεξεργασιας όσο και οι θερμοκρασίες ξήρανση των αποξηραμένων φρούτων μπορούν να συμβάλλουν καθοριστικά στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και φυσικά στην αποδοχή τους από το καταναλωτικό κοινό. Για τον λόγο αυτό προτείνεται σε μελλοντική έρευνα να μελετηθούν οι επιδράσεις περισσοτέρων συγκεντρώσεων κιτρικού οξέος ή/και άλλων μέσω προεπεξεργασίας, αλλά και άλλες θερμοκρασίες ξήρανσης και σε άλλες ποικιλίες μήλου πέραν της Fujiκαι της Starking που μελετήθηκαν στην παρούσα διατριβή, αλλά και η αξιολόγηση τους μέσω γευστικών δοκιμών από περισσότερους δοκιμαστές για την εξαγωγή επιπλέον πληροφοριών σχετικά με την αποδοχή τους από τους καταναλωτές.

# 7. Βιβλιογραφία

Abobatta, W.F., (2021). Nutritional and Healthy Benefits of Fruits. Biomedical, 40(2), 31979-31983.

Al Juhaimi, F.,Uslu, N., Bozkurt, D., Ghafoor, K., Babiker, E.E., Özcan, M.M., (2016). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods,* 8:1, 51-55.

Apple University, 2023. Starking Delicius. Available: <https://www.ringodaigaku.com/english/hinsyu/hinsyu_starking.html>

Apples from NY 2023. Fuji. Available at: <https://www.applesfromny.com/varieties/fuji/>

Arts, I. C., D. R. Jacobs, L. J. Harnack, M. Gross, and A. R. Folsom. 2001. Dietary catechins in relation to coronary heart disease death among postmenopausal women. Epidemiology (Cambridge, MA) 12 (6):668–75.

Bhakar, N. 2023. Tray dryer Principle, Construction, working and usage. Available at: <https://pharmaguddu.com/tray-dryer-principle-construction-working-and-usage/>

Britannica, 2023. Apple – Physical Description. Available at <https://www.britannica.com/plant/apple-fruit-and-tree>

Cichowska-Bogust, J., Figiel, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Paslawska, M., Witrowa-Rajchert, D. (2020). Physicochemical Properties of Dried Apple Slices: Impact of Osmo-Dehydration, Sonication, and Drying Methods. *Molecules*, 25(5): 1078.

Charrier, G. et al. (2015) Effects of environmental factors and management practices on microclimate, winter physiology, and frost resistance in trees. Front. Plant Sci. 6, 259 88.

Charrier, G. et al. (2017) Monitoring of freezing dynamics in trees: a simple phase shift causes complexity. Plant Physiol. 173, 2196–2207.

Chang, S. K., Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2016). *Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. Journal of Functional Foods, 21, 113–132.*

Chen C., Hu W., He Y., Jiang A., Zhang R. Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. *Postharvest Biol. Technol.*2016;111:126–131.

Coklar, H., Akbulut, M., Kilinc, S., Yildirim, A., & Alhassan, I. (2018) Effect of Freeze, Oven and Microwave Pretreated Oven Drying on Color, Browning Index, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Hawthorn (Crataegus orientalis) Fruit. *Not. Bot. Horti. Agrobot.* *46*, 449–456.

Dai, J.-W., Xiao, H.-W., Zhang, L.-H., Chu, M.-Y., Qin, W., Wu, Z.-J., Han, D.-D., Liu, Y.W., Yin, P.-F. (2019). Drying characteristics and modeling of apple slices during microwave intermittent drying. *Journal of Food Process Engineering*, e13212.

Demiray, E., Yazar, J.G., Aktok, O., Culluk, B., Kos, G.C., and Pandiselvam, R. (2023) The effect of Drying Temperature and Thickness on the Drying Kinetic, Antioxidant Activity, Phenolic Compounds and Color Values of Apple Slices. Implications of Drying Techniques on the Bioactive Components and Quality of Food.

Djekic I., Tomic N., Bourdoux S., Spilimbergo S., Smigic N., Udovicki B., Ho G., Devlieghere F., &Rajkovic A. (2018) Comparison of three types of drying (supercritical CO2, air and freeze) on the quality of dried apple—Quality index approach. *LWT—Food Sci. Technol.*94, 64–72.

Fresh Fruit Turkey, 2023. Starking Delicious Apples. Available at: <https://www.freshfruitturkey.com/starking-delicious-apples/>

Ghinea, C., Prisacaru, A.E., Leahu, A. (2022). Physico-Chemical and Sensory Quality of Oven-Dried and Dehydrator-Dried Apples of the Starkrimson, Golden Delicious and Florina Cultivars. *Applied Sciences*, 12, 2350.

Choudhary, A., (2022a). Principle of Tray Dryer. Available at <https://www.pharmaguideline.com/2017/09/principle-of-tray-dryer.html#comment-form>

Choudhary, A., (2022b). Principle, Construction, Working, Uses, Merits and Demetris of Tray Dryer. Available at <https://www.pharmaguideline.com/2007/02/principle-construction-working-uses-merits-demerits-of-tray-dryer.html>

Cornille, A., Antolín, F., Garcia, E., Vernesi, C., Fietta, A., Brinkkemper, O., Kirleis, W., Schlumbaum, A., & Roldán-Ruiz, I. (2019). *A Multifaceted Overview of Apple Tree Domestication. Trends in Plant Science. 24(8), 770-782.*

Dono, D., Mellano, M.G., Riondato, I., Biaggi, M.D., Andriamaniraka, H., Gamba, G., Beccaro, G.L., (2019). Traditional and Unconventional Dried Fruit Snacks as a Source of Health – Promoting Compounds. Antioxidants, 8(9), 396.

Faniadis D. (2017). Fresh Deciduous Fruit Annual 2017, Global Agricultural Information Network, USDA Foreign Agricultural Service, (online), Available: <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Fresh%20Deciduous%20Fruit%20Annual%202017_Rome_Greece_10-31-2017.pdf>

FAOSTAT, 2023. Crops and livestock products. Available: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Foronda, K.D.C., Garces, D.C.G., Rendon, L.R., Alvites, Y.Y.M., Sagra, J.P.R., Mendoza, G.L.O.,& Sossa, J.W.Z. (2022). Electrohydrodynamic Drying in Agribusiness: Literature Review. Frontiers in Sustainable Food Systems, 5.

Grasso-Kelley, E.M., Liu, X., Halik, L.A., Douglas, B. (2021). Evaluation of Hot-Air Drying To Inactivate *Salmonella* and *Enterococcus faecium* on Apple Pieces. Journal *of Food Protection*, 84(2): 240-248.

Goyeneche R., Agüero M.V., Roura S., & Di Scala K,h: Color evaluation. *Postharvest Biol. Technol.*93:106–113.

Jedrychowski, W., Maugeri, U., Popiela, T., Kulig, J., Sochacha-Tatara, E., Pac, A., Sowa, A., & Musial A., (2010). Case-control study on beneficial effect of regular consumption of apples on colorectal cancer risk in a population with relatively low intake of fruits and vegetables. *European Journal of Cancer Prevention, 19*(10), 42-47.

Huang, L.L., Zhang, M., Wang, L., Mujumdar, A.S., & Sun, D. (2012). Influence of combination drying methods on composition texture, aroma and microstructure of apple slices. *Lwt-Food Science and Technology*, 47(1): 183-188.

HSPH, 2023. The Nutrition Source – Apples. Available: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/apples/>

Iqbal J.M., Akbar, W.M., Aftab, M.R., Youmas, I., Jamil,, U., (2019). Heat and mass transfer modeling for fruit drying: a review. *MOJ Food Processing & Technology*. 7(3):69-73.

Kahraman, O., Malvandi, A., Vargas, L., Feng, H. (2021). Drying characteristics and quality attributes of apple slices dried by a non-thermal ultrasonic contact drying method. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73: 105510.

Kapoor, R., Malvandi, A., Feng, H., Kamruzzaman, M. (2022). Real-time moisture monitoring of edible coated apple chips during hot air drying using miniature NIR spectroscopy and chemometrics. *LWT – Food Science and Technology*, 154: 112602.

Korban, S. S. (Ed.). (2021). *The Apple Genome. Compendium of Plant Genomes.*

Li, C., Li-ying, N., Da-jing, L., Chun-quan, L., Ying-ping, L., Chun-ju, L., Jiang-feng, S. (2018). Effects of different drying methods on quality, bacterial viability and storage stability of probiotic enriched apple snacks. *Science Direct*, 17(1): 247-255.

Li X., Wu X., Bi J., Liu X., Li X.,& Guo C. (2019) Polyphenols accumulation effects on surface color variation in apple slices hot air drying process. *LWT—Food Sci. Technol.*108:421–428.

Limbo S., Piergiovanni L. (2006) Shelf life of minimally processed potatoes: Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. *Postharvest Biol. Technol.* 39:254–264.

Marcin, K., & Julita, G. (2021). Bioactive compounds, antioxidant activity, and sensory qualities of red-fleshed apples dried by different methods. *LWT*, 110302.

NUSC, 2023. Malus domestica ‘Fuji’. Διαθέσιμοστο<https://plants.ces.ncsu.edu/plants/malus-domestica-fuji/>

Önal, B., Adiletta, G., Crescitelli, A., Matteo, M. D., & Russo, P. (2019). Optimization of hot air drying temperature combined with pre-treatment to improve physico-chemical and nutritional quality of “Annurca” Apple. Food and Bioproducts Processing. 115, 87-99.

Onwude, D.I., Iranshahi, K., Rubinetti, D., Schudel, S., Schemminger, J., Martynenko, A., Defraeye, T. (2022). How mach do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetable for convective drying. *Food and Bioproducts Processing*, 131, 176-190.

Pomiferous, 2023. Starking Delicious. Available: <https://pomiferous.com/applebyname/starking-delicious-id-8238>

Prawiranto, K., Defraeye, T., Derome, D., Bühlmann, A., Hartmann, S., Verboven, P., Nikolai, B., Carmeliet, J. (2019). Impact of drying methods on the changes of fruit microstructure unveiled by X-ray micro-computed tomography. *RSC Advances*, 9(19), 10606–10624.

PSL, 2023. CakeStand – Vacuum Tray Dryers. Available at: <https://powdersystems.com/solutions/filter-dryer-systems/cakestand-vacuum-tray-dryers/>

Rizzolo, A., Vanoli, M., Cortellino, G., Spinelli, L., Torricelli, A. (2011). Quality characteristics of air-dried apple rings: Influence of storage time and fruit maturity measured by time-resolved reflectance spectroscopy. *Procedia Food Science*, 1: 216-223.

Roby, M.H.H., Tawab, S.A.A., AbuEl-Hassan, A.M.A. (2019) Effect of Different Pre-Drying Treatmeants on The Quality of Dried Apple Slices. Egyptian Journal of Food Science. 47(1), 131-138.

Sadler, M.J., Gibson, S., Whelan, K., Ha, M.A., Lovegrove, J., Higgs, J. (2019). Dried fruit and public health – what does the evidence tell us?. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70(6).

Sacilik, K. and Elicin, A.K. (2006) “The thin layer drying characteristics of organic apple slices,” *Journal of Food Engineering*, vol. 73, no. 3, pp. 281–289.

Sandoval-Ramírez, B. A., Catalán, Ú., Calderón-Pérez, L., Companys, J., Pla-Pagà, L., Ludwig, I. A., … Solà, R. (2020). *The effects and associations of whole-apple intake on diverse cardiovascular risk factors. A narrative review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1–14.*

Shrestha L., Crichton S.O.J., Kulig B., Kiesel B., Hensel O., &Sturm B. (2020) Comparative analysis of methods and model prediction performance evaluation for continuous online non-invasive quality assessment during drying of apples from two cultivars. *Therm. Sci. Eng. Prog.*

Statista, 2022. Global leading apple producing countries in 2021/2022. Available: <https://www.statista.com/statistics/279555/global-top-apple-producing-countries/>

Statista, 2022a. Production of dried fruit worldwide in 2021/2022, by type. Available: <https://www.statista.com/statistics/959950/dried-fruits-global-production-by-type/>

Statista 2022b. Dried Fruit market –statistics & facts. Available at: <https://www.statista.com/topics/6002/dried-fruit-market/#topicOverview>

USApple, 2023. Fuji. Available: <https://usapple.org/apple-variety/fuji-3>

USDA, 2019. Apples, raw, with skin. Available: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171688/nutrients>

Wang, Y., Zhao, H., Deng, H., Song, X., Zhang, W., Wu, S., Wang, J. (2019). Influene of Preteatments on Microwave Vacuum Drying Kinetics Physicochemical Properties and Sensory Quality of Apple Slices. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(3): 297-306.

Wrolstad, R.E., & Smith, D.E. (2010) Color Analysis. In *Food Anal.*, 4th ed.; Nielsen, S.S., Ed.; Springer: New York, NY, USA, 2010; pp. 573–586.

Zhu, J., Liu, Y., Zhu, C., & Wei, M., (2022). Effects of different drying methods on the psysical properties and sensory characteristics of apple chip snacks. *LWT-Food Science and Technology*, 154(15): 112829.

Zhu, R., Jiang, S., Li, D., Lim Law, D, Han, Y., Tao, Y., Kiani, H., Liu, D. (2022). Dehydration of apple slices by sequential drying pretreatments and airborne ultrasound-assisted air drying: Study on mass transfer, profiles of phenolics and organic acids and PPO activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75: 102871.

# 8. Παράρτημα

**Ερωτηματολόγιο**

**ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΟΚΙΜΗΣ**

Παρακαλώ δοκιμάστε τα τεμάχια μήλου σύμφωνα με τη σειρά που δείχνει το βέλος στο πιάτο σας. Στη συνέχεια σημειώστε τη θέση του στην αδιαβάθμιτη κλίμακα όπως φαίνεται παρακάτω.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

**ΚΑΘΟΛΟΥ** 28 53 14 **ΜΕΤΡΙΑ**  20 **ΠΟΛΥ**



ΓΛΥΚΟΓΛΥΚΟ

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ**

ΧΡΩΜΑ ΜΗΛΟΥ

ΚΑΘΟΛΟΥ ΜΕΤΡΙΑ ΠΟΛΥ

ΣΚΟΥΡΟΣΚΟΥΡΟ

ΑΡΩΜΑ ΜΗΛΟΥ

ΚΑΘΟΛΟΥΜΕΤΡΙΑ ΠΟΛΥ

ΑΡΩΜΑΤΙΚΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟ

ΟΞΥΤΗΤΑ ΜΗΛΟΥ

ΚΑΘΟΛΟΥ ΜΕΤΡΙΑΠΟΛΥ

ΞΙΝΟ ΞΙΝΟ

ΓΛΥΚΥΤΗΤΑ ΜΗΛΟΥ

ΚΑΘΟΛΟΥ ΜΕΤΡΙΑ ΠΟΛΥ

ΓΛΥΚΟ ΓΛΥΚΟ

ΑΡΕΣΤΟΤΗΤΑ ΜΗΛΟΥ

ΚΑΘΟΛΟΥ ΜΕΤΡΙΑ ΠΟΛΥ

ΑΡΕΣΤΟ ΑΡΕΣΤΟ

ΘΑ ΑΓΟΡΑΖΕΣ ΤΟ ΠΙΟ ΑΡΕΣΤΟ ΠΡΟΪΟΝ;

ΝΑΙ…….. ΟΧΙ…….