



**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Διαιτολογία- Διατροφή»

Κατεύθυνση: Δημόσια Υγεία και Διατροφή

Εργαστήριο Χημείας, Φυτικοχημείας και Βιοχημείας Τροφίμων

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Αριστοποίηση διεργασιών παραγωγής αποξηραμένων
δαμάσκηνων**

Γιαζιτζή Αικατερίνη

Αθήνα 2015



ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΕΛΗ: Βάιος Καραθάνος, Καθηγητής Χ.Π.

Χίου Αντωνία, Επίκουρη Καθηγήτρια Χ.Π.

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Μπόσκου Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής Χ.Π.

**Αριστοποίηση διεργασιών παραγωγής
αποξηραμένων δαμάσκηνων**

Αθήνα, 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Χημείας-Φυσικοχημείας-Βιοχημείας Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Μπόσκου Γεώργιο.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή κ. Μπόσκου για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και για την καθοδήγηση, την εμπιστοσύνη και την επιστημονική και ηθική υποστήριξη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Καραθάνο Βάϊο για τις εύστοχες παρατηρήσεις και υποδείξεις στα πλαίσια της πειραματικής διαδικασίας, καθώς και για την εμπιστοσύνη που έδειξε στις ικανότητές μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Χίου Αντωνία για την καθοδήγηση και τις υποδείξεις της, οι οποίες με βοήθησαν να προσανατολιστώ και να φέρω εις πέρας την πειραματική διαδικασία. Την ευχαριστώ πολύ για το χρόνο και το αμέριστο ενδιαφέρον της.

Ιδιαίτέρως, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην υποψήφια διδάκτωρ Παναγοπούλου Ειρήνη, για το χρόνο, τις γνώσεις της και την υποστήριξη που μου έδειξε σε όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας. Η πολύτιμη βοήθειά της ήταν καθοριστική για την πραγματοποίηση και ολοκλήρωση τόσο των πειραμάτων όσο και τις επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

Ευχαριστώ θερμά την κ. Χρηστέα Μαργαρίτα για την υλικοτεχνική βοήθειά της κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, καθώς και την μεταπτυχιακή φοιτήτρια και φίλη Μ. Δημητρίου για την ψυχολογική υποστήριξη και τη βοήθεια που μου προσέφερε, μέσα και έξω από το εργαστήριο.

Δεν μπορώ να παραλείψω, φυσικά, να ευχαριστήσω τους φίλους μου Μιχαήλ Φωτεινή, Κούρτη Ανδριάννα, Παπαταξιάρχη Ευάγγελο και Πετσίνη Φιλιώ για την συμπαράσταση, την κατανόηση και την υπομονή τους.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου και τον αδερφό μου για την ηθική και ψυχολογική στήριξη, την υπομονή και την ανιδιοτελή αγάπη τους.

Θα ήθελα να αφιερώσω στους γονείς μου, οι οποίοι βρίσκονται πάντα δίπλα μου, την παρούσα διπλωματική εργασία, δείχνοντας την ευγνωμοσύνη μου για την εμπιστοσύνη και τη υποστήριξη που δείχνουν στις επιλογές μου.

*Γιαζιτζή Κατερίνα,
Ιούνιος 2015*

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Βοτανικοί χαρακτήρες	13
1.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις	13
1.3 Συγκομιδή	13
2. ΞΗΡΑΝΣΗ	14
2.1 Καμπύλη Ξήρανσης	14
2.2 Μέθοδοι ξήρανσης	15
2.3 Παραγωγή αποξηραμένων δαμάσκηνων	16
2.4 Παραγωγή αποξηραμένων δαμάσκηνων στη Σκόπελο	17
2.5 Ξήρανση δαμάσκηνου σε ερευνητικό επίπεδο	18
3. ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΔΑΜΑΣΚΗΝΩΝ	22
3.1 Μακροθρεπτικά συστατικά	22
3.2 Μικροθρεπτικά συστατικά	24
3.3 Φαινολικά συστατικά	27
4. ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΔΑΜΑΣΚΗΝΩΝ	31
4.1 Αντιμικροβιακή δράση	31
4.2 Δυσκοιλιότητα	31
4.3 Οστικός μεταβολισμός	33
4.4 Διαβήτης και αθηροσκλήρωση	35
4.5 Αντικαρκινική δράση	37
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	39
6. ΣΚΟΠΟΣ	41
7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	41
7.1 Ξήρανση	41
7.2 Λυοφιλίωση φρέσκων δαμάσκηνων	44
7.3 Μέτρηση Υγρασίας και ενεργότητας νερού (Aw)	44
7.4 Εκχυλίσες	46
7.5 Προσδιορισμός της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με την μέθοδο δέσμμευσης της ελεύθερης ρίζας DPPH (AAR)	47
7.5.1 Κατασκευή πρότυπης καμπύλης αναφοράς για τον προσδιορισμό συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας	49
7.6 Προσδιορισμός του συνολικού φαινολικού (PP) περιεχομένου με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu	50
7.6.1 Κατασκευή πρότυπης καμπύλης αναφοράς για τον προσδιορισμό συνολικού φαινολικού περιεχομένου	51
7.7 Υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC)	51
7.7.1 Κατασκευή προτύπων καμπυλών αναφοράς για τον προσδιορισμό των επιμέρους φαινολικών συστατικών	52
7.8 Στατιστική Ανάλυση	52
8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	55
8.1 Μέτρηση Υγρασίας και ενεργότητας νερού (aw)	55

8.2	Προσδιορισμός της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με την μέθοδο δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας DPPH (AAR)	59
8.3	Προσδιορισμός του συνολικού φαινολικού περιεχομένου με τη μέθοδο Folin- Ciocalteu.	63
8.4	Υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC).....	65
8.5	Σύνοψη της επίδραση της θερμοκρασίας στα φαινολικά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα των δαμάσκηνων	73
8.6	Συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών.....	75
8.7	Ανάλυση παραγόντων και πρώτων παραγόντων	77
8.8	Πολλαπλή Γραμμική παλινδρόμηση.....	80
8.9	Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων	83
9.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	86
10.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92
10.1	Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	92
10.2	Ελληνική Βιβλιογραφία	100
10.3	Ιστοσελίδες.....	100
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	102

Πίνακας Περιεχόμενων Εικόνων

Εικόνα 1.	Λυοφιλιωτής	16
Εικόνα 2.	Η ρίζα του DPPH.....	48
Εικόνα 3.	Δομή φλαβαν-3-όλης.....	66
Εικόνα 4.	Δομή (+) - κατεχίνης.....	66
Εικόνα 5.	Δομή γαλλικού οξέος.....	67
Εικόνα 6.	Δομή πρωτοκατεχικού οξέος	68
Εικόνα 7.	Δομή χλωρογενικού οξέος.....	70
Εικόνα 8.	Δομή νεοχλωρογενικού οξέος	70
Εικόνα 9.	Δομή κρυπτοχλωρογενικού οξέος	71

Πίνακας Περιεχόμενων Σχημάτων

Σχήμα 1.	Πρότυπο καμπύλης ξήρανσης	15
Σχήμα 2.	Καμπύλη ξήρανσης στους 80°C σε υγρή βάση	42
Σχήμα 3.	Καμπύλη ξήρανσης στους 80°C σε ξηρή βάση	42
Σχήμα 4.	Απώλεια μάζας μετά το πέρας κάθε δοκιμασίας ξήρανσης.....	43
Σχήμα 5.	Πρότυπη καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας.....	49
Σχήμα 6.	Πρότυπη καμπύλη αναφορά για τον προσδιορισμό συνολικού φαινολικού περιεχομένου	51
Σχήμα 7.	Επίπεδα υγρασίας στο τελικό προϊόν μετά από κάθε δοκιμασία ξήρανσης.....	55
Σχήμα 8.	Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα της υγρασίας των δαμάσκηνων στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά υγρασίας.	56
Σχήμα 9.	Ενεργότητα νερού αποξηραμένων δαμάσκηνων μετά από κάθε δοκιμή ξήρανσης (T=θερμοκρασία ξήρανσης σε °C, t=χρόνος σε ώρες,	57

Σχήμα 10. Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα της ενεργότητας νερού (Aw) στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά ενεργότητας νερού.	58
Σχήμα 11. Αντιοξειδωτική ικανότητα εκφρασμένη σε ισοδύναμα Trolox (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση) για όλα τα δείγματα.	60
Σχήμα 12. Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα DPPH στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά των ισοδυνάμων Trolox.	61
Σχήμα 13. Αντιοξειδωτική ικανότητα εκφρασμένη σε ισοδύναμα Trolox (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση) για όλα τα δείγματα	62
Σχήμα 14. Ολικές πολυφαινόλες εκφρασμένες ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/100g) για όλα τα δείγματα.....	63
Σχήμα 15. Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα του Folin-Ciocalteu στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά των ισοδυνάμων Γαλλικού οξέος.....	64
Σχήμα 16. Περιεκτικότητα των δαμάσκημων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε κατεχίνη.....	65
Σχήμα 17. Περιεκτικότητα των δαμάσκημων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε γαλλικό οξύ.	66
Σχήμα 18. Περιεκτικότητα των δαμάσκημων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε πρωτοκατεχικό οξύ.	68
Σχήμα 19. Περιεκτικότητα των δαμάσκημων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε χλωρογενικό οξύ. .	69
Σχήμα 20. Μεταβολή των ισοδυνάμων γαλλικού οξέος ως προς τη θερμοκρασία ξήρανσης.....	73
Σχήμα 21. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα της κατεχίνης.....	73
Σχήμα 22. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα του γαλλικού οξέος.	74
Σχήμα 23. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα του πρωτοκατεχικού οξέος.....	74
Σχήμα 24. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα του χλωρογενικού οξέος.	75
Σχήμα 25. Ανάλυση πρώτων παραγόντων για όλες τις μεταβλητές.	78
Σχήμα 26. Χαρτογράφηση δειγμάτων ως προς τις μεταβλητές υγρασία, DPPH, Folin-Ciocalteu, κατεχίνη, γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ.....	79

Πίνακας Περιεχόμενων Πινάκων

Πίνακας 1. Προτεινόμενες συνθήκες ξήρανσης από μελέτες ξήρανσης δαμάσκημων.....	19
Πίνακας 2. Μέθοδοι προεργασίας δαμάσκημων πριν τη ξήρανση	21
Πίνακας 3. Διατροφική ανάλυση φρέσκων και ξερών δαμάσκημων (USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 27).	22
Πίνακας 4. Περιεκτικότητα φρέσκων και ξερών δαμάσκημων σε σάκχαρα (Sapuntzakis, 2013). ...	23
Πίνακας 5. Περιεκτικότητα φρέσκων και αποξηραμένων δαμάσκημων σε μικροθρεπτικά συστατικά (USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 27) (E.K. 1169/2011).	25
Πίνακας 6. Περιεκτικότητα φρέσκων δαμάσκημων της ποικιλίας Stanley σε επιλεγμένα μικροθρεπτικά συστατικά (Ertekin et al., 2006) (E.K. 1169/2011).	26
Πίνακας 7. Περιεκτικότητα αποξηραμένων δαμάσκημων σε επιλεγμένα φαινολικά συστατικά	27
Πίνακας 8. Περιεκτικότητα των φρέσκων και αποξηραμένων δαμάσκημων σε φλαβονοειδή (USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods, Release 3.1)	28
Πίνακας 9. Περιεκτικότητα των αποξηραμένων δαμάσκημων σε πολυφαινόλες (Stacewicz-Sapuntzakis, 2013).....	29
Πίνακας 10. Πειραματικές συνθήκες ξήρανσης.....	43

Πίνακας 11. Αντιοξειδωτική ικανότητα εκφρασμένη σε ισοδύναμα Trolox (mg/100g) για όλα τα δείγματα.	59
Πίνακας 12. Ολικές πολυφαινόλες εκφρασμένες ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/100g) για τα εξετασθέντα δείγματα	63
Πίνακας 13. Συνοπτικός πίνακας των φαινολικών συστατικών που ανιχνεύθηκαν στη μελέτη μας και παράθεση αποτελεσμάτων άλλων ερευνητών (h=ώρες).	72
Πίνακας 14. Συσχετίσεις που προέκυψαν από τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης r του Pearson.	76
Πίνακας 15. Ανάλυση παραγόντων.....	77
Πίνακας 16. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH και ανεξάρτητες την κατεχίνη, το γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ.	80
Πίνακας 17. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Folin-Ciocalteu και ανεξάρτητες την κατεχίνη, το γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ.	81
Πίνακας 18. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Folin-Ciocalteu και ανεξάρτητες το γαλλικό και το χλωρογενικό οξύ.	81
Πίνακας 19. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.	82
Πίνακας 20. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Folin-Ciocalteu και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.	82
Πίνακας 21. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τη υγρασία και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.	83
Πίνακας 22. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την ενεργότητα νερού (Aw) και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.	83
Πίνακας 23. Μοντέλο 1: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.	84
Πίνακας 24. Μοντέλο 2: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.	84
Πίνακας 25. Μοντέλο 3: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.	84
Πίνακας 26. Μοντέλο 4: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.	84
Πίνακας 27. Μοντέλο 5: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.	85
Πίνακας 28. Μοντέλο 6: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.	85
Πίνακας 29. Συνοπτικός πίνακας για τη επιλογή των βέλτιστων συνθηκών ξήρανσης των δαμάσκημων.	90
Πίνακας 30. Συνολικός πίνακας με τις όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν	102

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ξήρανση των τροφίμων στοχεύει στη μείωση της υγρασίας των προϊόντων σε επίπεδα που επιτρέπουν την ασφαλή αποθήκευσή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα δαμάσκηνα αποτελούν τα φρούτα που αποξηραίνονται σε πολλές χώρες του κόσμου. Είναι πλούσια σε φαινόλες και κυρίως σε χλωρογενικό οξύ, το οποίο κατά την επεξεργασία των τροφίμων και υπό συγκεκριμένες συνθήκες, δεν υποβαθμίζεται.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογηθεί η αντιοξειδωτική ικανότητα και η περιεκτικότητα των ελληνικών δαμάσκηνων σε φαινόλες. Επίσης σκοπεύει να εξετάσει την επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στην αντιοξειδωτική ικανότητα και το φαινολικό περιεχόμενο καθώς και να προσδιορίσει τις βέλτιστες συνθήκες ξήρανσης.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε δαμάσκηνα της ποικιλίας Stanley (*Prunus domestica* cv Stanley) τα οποία αποξηράναμε. Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Φυτικοχημείας Τροφίμων του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Αρχικά αποξηράναμε τα δαμάσκηνα σε 9 διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας-χρόνου και λυοφιλιώσαμε τα φρέσκα δαμάσκηνα για να μπορέσουμε να τα εκχυλίσουμε. Οι εκχυλίσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση διαλύματος MeOH/HCl (0,1%). Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι ολικές φαινόλες με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, οι επιμέρους φαινόλες με HPLC και η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH. Ακόμη αξιολογήσαμε την ενεργότητα νερού και την υγρασία των δειγμάτων μας.

Οι δοκιμές που έδιναν μικροβιολογικά ασφαλή προϊόντα με βάση την ενεργότητα νερού ήταν τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 80°C για 16 ώρες(h) , 80°C για 20h, 85°C για 14h, 85°C για 18h και 90°C για 16h. Σχετικά με την υγρασία, οι δοκιμές ξήρανσης στους 80°C για 20h, 85°C για 14h, 85°C για 18h και 90°C για 16h έδιναν αποξηραμένα δαμάσκηνα με υγρασία κάτω από 25%. Όσον αφορά τα ολικά φαινολικά συστατικά, φαίνεται να αυξάνονται σημαντικά στις δοκιμές που έγιναν στους 80°C για 16h, 80°C για 20h, 85°C για 14h, 85°C για 18h και 90°C για 16h. Η αντιοξειδωτική ικανότητα παρέμεινε σταθερή κατά τη θερμική επεξεργασία. Από την HPLC προέκυψε ότι η κατεχίνη, το γαλλικό, το πρωτοκατεχικό και το χλωρογενικό οξύ αποτελούν τα κύρια ανιχνεύσιμα φαινολικά συστατικά στα δαμάσκηνα. Η κατεχίνη φάνηκε να παραμένει σταθερή κατά την θερμική επεξεργασία και καταστράφηκε μόνο όταν τα δαμάσκηνα αποξηράνθηκαν στους 90°C για 16h. Από την άλλη, το γαλλικό, το πρωτοκατεχικό και το χλωρογενικό οξύ, αυξήθηκαν στατιστικά σημαντικά με την επίδραση της θερμοκρασίας. Στα δεδομένα πραγματοποιήθηκε

ανάλυση παραγόντων, πρώτων παραγόντων, πολλαπλή παλινδρόμηση και μη γραμμική συσχέτιση. Επίσης προέκυψαν συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι η συσχέτιση των ολικών φαινολών με τα τρία φαινολικά οξέα ξεχωριστά, της θερμοκρασίας με την τελική υγρασία των δαμάσκηνων, της υγρασίας με την ενεργότητα νερού καθώς και η συσχέτιση του γαλλικού οξέος με το πρωτοκατεχικό οξύ.

Από την παλινδρόμηση προέκυψαν δυο μοντέλα συσχετίσεων που προβλέπουν τις τιμές που μπορεί να πάρει η υγρασία, σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το χρόνο ξήρανσης και το Folin-Ciocalteu, συναρτήσει του χλωρογενικού και του γαλλικού οξέος.

Συμπερασματικά η θερμική επεξεργασία των δαμάσκηνων σε θερμοκρασίες πάνω από 80°C, αυξάνει τα φαινολικά οξέα. Όσον αφορά τη βελτιστοποίηση της ξήρανσης, οι ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας-χρόνου είναι: 80°C/20h, 85°C/14h, 85°C/18h και 90°C/16h.

Λέξεις- κλειδιά: δαμάσκηνα, ξήρανση, φαινολικά συστατικά, βελτιστοποίηση, χλωρογενικό οξύ

ABSTRACT

Title: Process optimization for the production of dry prunes

Drying food aims to reduce the moisture of products at levels that allow the safe storage for a long period. Prunes are dried in many countries. They are rich in phenols and particularly in chlorogenic acid, which is not downgraded when foods are processed under certain circumstances.

The purpose of this study is to evaluate the antioxidant capacity and the content of phenols in Greek plums. This study also intends to examine the influence of drying temperature to antioxidant activity and phenolic content. Moreover, it targets to identify the optimal drying conditions.

For this purpose we analyzed plums cultivars Stanley (*Prunus domestica cv Stanley*) which were dried. The chemical analyses were performed in the laboratory of Food Physical Chemistry of Harokopio University.

Initially, prunes were dried in 9 different combinations of temperature and time. Fresh plums were freeze-dried in order to be extracted easily. The extractions were carried out with the use of MeOH / HCl (0,1%) solution. Then, the total phenols were determined with Folin-Ciocalteu method, individual phenols were determined by HPLC method and the total antioxidant capacity were determined by DPPH method. Furthermore, we evaluated the water activity and moisture of our samples.

The microbiologically safe ($A_w < 0,65$) plums were produced in drying at 80°C for 16 hours, 80°C for 20 hours, 85°C for 14 hour, 85°C for 18 hours and 90°C for 16 hours. About moisture, drying tests at 80°C for 20 hours, 85°C for 14 hour, 85°C for 18 hours and 90°C for 16 hours resulted plums with humidity below 25%. As far as phenolic components, total phenols appear to increase significantly in drying at 80°C for 16 hours, 80°C for 20 hours, 85°C for 14 hour, 85°C for 18 hours and 90°C for 16 hours. The antioxidant capacity remained stable during thermal treatment. HPLC analysis showed that catechin, gallic, protocatechuic and chlorogenic acid are the main detectable phenolic compounds in plums. Catechin remained stable during thermal treatment and destroyed when plums were dried at 90°C for 16 hours. On the other hand, gallic, protocatechuic and chlorogenic acids, statistically are increased by the effect of temperature. The final data was statistical analyzed by factor analysis, principal component analysis, multiple regression and no linear correlation. The most important correlations are between phenols and the three phenolic acids, the temperature and the final moisture of plums, the moisture and the water activity and the gallic

acid and protocatechuic acid. Two models emerged from multiple linear regression. The first model predicts the moisture, depending on drying temperature and time. The second one predicts Folin-Ciocalteu depending on chlorogenic and gallic acid.

In conclusion, phenolic acids are increased by thermal treatment at temperatures above 80°C. Concerning the optimization of drying conditions, the optimal combinations of temperature with time are: 80 °C/20 hours, 85 °C/14 hour, 85 °C/18 hours and 90 °C/16h.

Key words: prunes/ plums, drying, phenolics, optimization, chlorogenic acid

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δαμασκηνιά καλλιεργείται σε πολλές περιοχές του κόσμου. Είναι ένα δέντρο που ανήκει στην οικογένεια *Rosaceae*, γένος *Prunus* και είδος *domestica* (Stacewicz-Sapuntzakis, 2013). Ο καρπός της δαμασκηνιάς έχει σχήμα ωοειδές ή ελλειψοειδές και χρώμα βαθύ μπλε ή μοβ όταν ωριμάσει. Τρώγεται νωπό ως φρούτο, ή αποξηραμένο. Μπορεί να γίνει μαρμελάδα ή χυμός και χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική. (<http://el.wikipedia.org/>)

Η Κίνα είναι πρώτη στον κόσμο σε παραγωγή δαμάσκηνων. Ακολουθούν η Ρουμανία, οι Η.Π.Α και η Σερβία. Όσον αφορά την Ελλάδα, η παραγωγή των δαμάσκηνων εντοπίζεται στο βορειότερο τμήμα της χώρας (Θεσσαλία και Μακεδονία), ενώ η Σκόπελος θεωρείται πρεσβευτής αυτού του φρούτου κυρίως στην αποξηραμένη του μορφή. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται περίπου 5000 στρέμματα, εκ των οποίων το 90% καλλιεργείται για παραγωγή νωπών καρπών και το 10% περίπου για παραγωγή αποξηραμένων δαμάσκηνων.

Στην Ελλάδα καλλιεργείται, κυρίως, η ποικιλία Agen (Σκοπελίτικη), οι καρποί της οποίας προορίζονται για ξήρανση. Άλλες ποικιλίες για ξήρανση είναι οι Stanley, French, Friedman, French 698, 711, 707, 732, 626, Sugar, President, κ.α. Γενικότερα οι ευρωπαϊκές ποικιλίες είναι αυτές που θεωρούνται καταλληλότερες για ξήρανση. Τα αποξηραμένα δαμάσκηνα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα ξηρά φρούτα στον κόσμο (<http://www.agrotikabook.gr/>)

Ιστορικά, η εισαγωγή της Γαλλικής ποικιλίας Agen στην Ελλάδα εντοπίζεται γύρω στο 1900 στην Σκόπελο. Πολλοί ασχολήθηκαν με την ξήρανση τους και κατασκεύασαν φούρνους για να τα αποξηράνουν. Για πολλές δεκαετίες η Σκόπελος είχε την αποκλειστικότητα αυτού του προϊόντος, σε ολόκληρη την Ελλάδα, με σημαντικό οικονομικό όφελος. Όμως μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο άρχισε η κρίση της δαμασκηνοκαλλιέργειας. Η κρίση της ποικιλίας Agen οφείλεται κυρίως:

- α) Στην επέκταση της καλλιέργειας και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας
- β) Στις εισαγωγές ξηρών δαμάσκηνων από άλλες χώρες, ιδίως τις Η.Π.Α
- γ) Στην αύξηση παραγωγής κάθε είδους φρούτων και στην δυνατότητα διατήρησή τους

Έτσι σήμερα παρουσιάζεται εγκατάλειψη της δαμασκηνοκαλλιέργειας σε πολύ μεγάλο ποσοστό και λίγοι Σκοπελίτες ασχολούνται με αυτήν (<http://skopelos-news.blogspot.gr/>).

1.1 Βοτανικοί χαρακτήρες

Η δαμασκηλιά είναι φυλλοβόλο δέντρο μέσης έως μεγάλης ανάπτυξης. Τα φύλλα της είναι απλά, οδοντωτά και τα άνθη της λευκά. Ο καρπός της είναι δρύπης και έχει σχήμα ωοειδές, σφαιρικό ή ελλειψοειδές. Το χρώμα των καρπών μπορεί να είναι πράσινο, κίτρινο, κόκκινο, ροζέ. Η σάρκα του καρπού είναι συνήθως χρυσοκίτρινη ή πρασινωπή, και μπορεί να είναι γλυκιά ή υπόξινη. Η δαμασκηλιά αρχίζει να καρποφορεί από το 3^ο -5^ο χρόνο της ηλικίας της και η παραγωγική της ζωή διαρκεί 30-40 χρόνια.

1.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Η δαμασκηλιά προσαρμόζεται σε πολλά είδη κλίματος και εδάφους. Η ευρωπαϊκή αντέχει μέχρι -20° C, ενώ η ιαπωνική μέχρι -15° C. Οι ανάγκες σε ψύχος της ευρωπαϊκής δαμασκηλιάς είναι από 700-1700 ώρες, ενώ της ιαπωνικής από 600 -1500 ώρες. Τα καλύτερα εδάφη για την καλλιέργεια της δαμασκηλιάς, είναι τα αμμώδη, πηλώδη, αργιλώδη και αργιλοασβεστώδη, αλλά με καλά στραγγιζόμενο υπέδαφος. Το ευνοϊκότερο pH για την ανάπτυξή της είναι γύρω στο 7. Η υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία και οι πολλές βροχοπτώσεις κατά την περίοδο της ανθοφορίας, αποτελούν δυσμενείς παράγοντες για τη καλλιέργειά της.

1.3 Συγκομιδή

Η συγκομιδή των καρπών που προορίζονται για νωπή κατανάλωση γίνεται με το χέρι, ενώ για αποξήρανση συγκομίζονται με δονητές ή με τα χέρια και γίνεται την περίοδο Ιούλιο έως Σεπτέμβριο. Η συγκομιδή πρέπει να αρχίζει όταν οι καρποί αποκτήσουν τα σάκχαρα που απαιτούνται για την καλή αποξήρανση. Η ωριμότητα των δαμάσκηνων είναι μία καθοριστική παράμετρος για την παραγωγή των ξηρών δαμάσκηνων. Το χρώμα και η συνοχή της σάρκας του καρπού είναι τα γενικά εξωτερικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί η καλύτερη ημερομηνία της συγκομιδής των καρπών. Οι καρποί πρέπει να τοποθετούνται σε μία ή δύο σειρές στα δοχεία συσκευασίας και στην συνέχεια να μεταφέρονται στην μονάδα αποξήρανσης.

Οι καρποί που προορίζονται για αφυδάτωση, υπόκεινται σε μία προετοιμασία που περιλαμβάνει το καθάρισμα, την διαλογή, την κατάταξη των καρπών ανάλογα με το μέγεθος τους, κλπ. Η αποξήρανση των δαμάσκηνων, γίνεται με φυσικό τρόπο στον ήλιο, ή τεχνητά σε θαλάμους, ή σε κλιβάνους αποξήρανσης (<http://www.agrotikabook.gr/>).

2. ΞΗΡΑΝΣΗ

Η ξήρανση των τροφίμων χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία για τη συντήρηση των τροφίμων, τη μείωση του όγκου και του βάρους τους ή μόνο του βάρους (λυοφιλίωση) τους. Επιπλέον, η ξήρανση διευκολύνει τους καταναλωτές καθώς υπάρχουν περιπτώσεις προϊόντων όπου με τη προσθήκη μόνο νερού έχουν έτοιμο προϊόν προς κατανάλωση.

Όσον αφορά την τεχνολογία ξήρανσης, σημαντικό ρόλο παίζει η αύξηση του ρυθμού ξήρανσης. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τον ρυθμό αυτό είναι:

- Η επιφάνεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του προϊόντος που αφυδατώνεται, τόσο πιο γρήγορη είναι η μεταφορά υγρασίας στο περιβάλλον. Έτσι προτιμάτε η κατάτμηση των προϊόντων σε μικρά κομμάτια, αν αυτό δεν αλλάζει το σχεδιασμό του τελικού προϊόντος.
- Η θερμοκρασία. Η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του τροφίμου και του μέσου θέρμανσης αυξάνει τον ρυθμό ξήρανσης. Ωστόσο όταν το μέσο θέρμανσης είναι ο αέρας, η θερμοκρασία παίζει δευτερεύοντα ρόλο καθώς το νερό που εξέρχεται από το τρόφιμο με τη μορφή υδρατμών πρέπει να απομακρυνθεί ταχύτατα αλλιώς θα δημιουργήσει υγρή ατμόσφαιρα στην επιφάνεια του τροφίμου, η οποία θα καθυστερήσει την αφυδάτωση αυτού.
- Επομένως, στην περίπτωση που το μέσο θέρμανσης είναι ο αέρας, η ταχύτητά του παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στην απομάκρυνση της υγρασίας.
- Η ταχύτητα ξήρανσης είναι ανάλογη της ξηρότητας του αέρα. Όσο πιο ξηρός είναι ο αέρας, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα υγρασίας μπορεί να προσροφήσει από το τρόφιμο.
- Η ατμοσφαιρική πίεση. Όσο ελαττώνεται η πίεση, τόσο μειώνεται η θερμοκρασία βρασμού. Ένα τρόφιμο που αφυδατώνεται σε θάλαμο κενού, θα αποβάλλει την υγρασία του πιο σύντομα συγκριτικά με το τρόφιμο που ξεραινεται σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση.
- Ο χρόνος ξήρανσης. Συνήθως ο συνδυασμός υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλού χρόνου ξήρανσης προκαλούν μικρότερες ζημιές στο τελικό προϊόν, συγκριτικά με την εφαρμογή χαμηλότερων θερμοκρασιών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Εξαίρεση αποτελεί η λυοφιλίωση, η οποία διαρκεί από αρκετές ώρες έως ημέρες και το προϊόν δεν αλλοιώνεται.

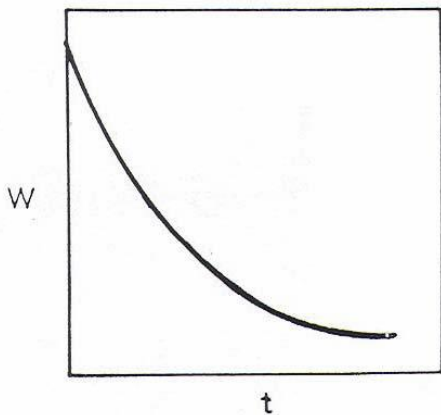
2.1 Καμπύλη Ξήρανσης

Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης παρατηρείται ότι η απώλεια υγρασίας από το τρόφιμο δεν γίνεται με σταθερό ρυθμό. Συγκεκριμένα, φαίνεται να υπάρχει μια σημαντική απώλεια νερού τις πρώτες

ώρες της ξήρανσης (συνεχής ρυθμός ξήρανσης) και στη συνέχεια ο ρυθμός της απώλειας αυτής φαίνεται να μειώνεται (μειωμένος ρυθμός ξήρανσης). Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο ρυθμός απομάκρυνσης του νερού είναι ασυμπτωτικός (σχήμα 1) και επομένως, δεν είναι εφικτό να επιτευχθεί μηδενική υγρασία στο προϊόν.

Ο ασυμπτωτικός ρυθμός απομάκρυνσης του νερού εξηγείται από το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης το τρόφιμο θα χάσει υγρασία από την επιφάνειά του με σταδιακή αύξηση του ξηρού επιφανειακού στρώματος και μείωση της υπολειπόμενης υγρασίας στο εσωτερικό του τροφίμου. Το ξηρό επιφανειακό στρώμα δημιουργεί, στη συνέχεια, ένα φραγμό που εμποδίζει την μεταφορά νερού στο περιβάλλον. Επιπλέον το νερό που βρίσκεται στο κέντρο του τροφίμου πρέπει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση μέχρι να εξέλθει από το τρόφιμο συγκριτικά με το νερό που βρίσκεται κοντά την επιφάνεια του προϊόντος.

Αν και η καμπύλη ξήρανσης καθορίζεται από τις μεταβολές που γίνονται στο τρόφιμο κατά την αφυδάτωση, ωστόσο παράγοντες όπως το υλικό που αφυδατώνεται, ο τύπος του ξηραντήρα και οι περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση αέρα) επηρεάζουν το σχήμα αυτής.



Σχήμα 1. Πρότυπο καμπύλης ξήρανσης

2.2 Μέθοδοι ξήρανσης

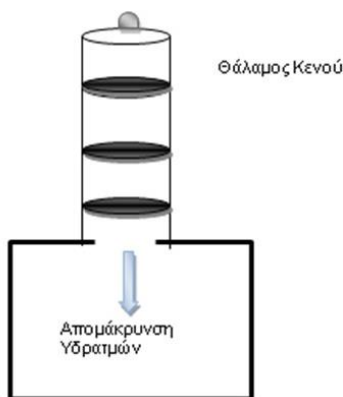
Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ξήρανσης. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από το τρόφιμο που έχουμε να διαχειριστούμε, την ποιότητα που θέλουμε να έχει το τελικό προϊόν καθώς και το κόστος της διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα οι διαθέσιμες μέθοδοι είναι:

- Ξηραντήρες με μεταφορά αέρα

- Φούρνοι ξήρανσης
- Θάλαμοι ξήρανσης με δίσκους
- Σήραγγες/Τούνελ ξήρανσης με αέρα και ταινία μεταφοράς
- Ξηραντήρες αέρα πνευματικής μεταφοράς
- Ξηραντήρες με εκνέφωση
- Ξηραντήρες τυμπάνων και θερμαινόμενων κυλίνδρων
- Ξηραντήρες κενού
- Λυοφιλίωση

Αναλυτικότερα, οι φούρνοι ξήρανσης αποτελούνται από έναν καυστήρα που παρέχει θερμό αέρα στον θάλαμο του φούρνου όπου τοποθετείται το τρόφιμο. Τα τρόφιμα που ξεραίνονται σε τέτοιους φούρνους αναστρέφονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ η τελική τους υγρασία δεν μπορεί να πέσει κάτω από το 10% σε υγρή βάση.

Σχετικά με τη λυοφιλίωση, χρησιμοποιείται συνήθως για την αφυδάτωση ευαίσθητων προϊόντων υψηλής διατροφικής αξίας, καθώς είναι μέθοδος που δεν υποβαθμίζει την ποιότητα του τροφίμου. Με τη μέθοδο αυτή, τα τρόφιμα μετά την αφυδάτωσή τους, διατηρούν τον αρχικό όγκο και σχήμα τους, μειώνεται το βάρος τους και διατηρείται η αρχική γεύση και το άρωμά τους. Η αρχή στην οποία βασίζεται η λυοφιλίωση είναι ότι σε χαμηλή τάση ατμών, ο πάγος μπορεί να εξατμιστεί χωρίς να προηγηθεί τήξη (Εικόνα 1) (Αρβανιτογιάννης Ι.Σ. & Μπόσνεα Λ., 2001).



Εικόνα 1. Λυοφιλιωτής

2.3 Παραγωγή αποξηραμένων δαμάσκηνων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως οι Η.Π.Α. είναι μια από τις χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή δαμάσκηνων. Μάλιστα αποτελεί ηγέτη στην παραγωγή και διάθεση αποξηραμένων δαμάσκηνων

ανά τον κόσμο. Τα γνωστά Καλιφορνέζικα ξερά δαμάσκηνα παράγονται με ξήρανση σε ξηραντήρια. Συγκεκριμένα φρέσκα φρούτα πλένονται και αφυδατώνονται σε τελική υγρασία 21% σε υγρή βάση, σε ξηραντήρες με τούνελ θερμού αέρα για 18 ώρες. Η θερμοκρασία ρυθμίζεται στους 85-90°C έτσι ώστε να αποφεύγεται η αμαύρωση κατά τη ξήρανση και η απώλεια αρωμάτων. Το τελικό προϊόν μπορεί να αποθηκευτεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος τουλάχιστον για 1 έτος. Επειδή τα αποξηραμένα δαμάσκηνα είναι αρκετά ξηρά είναι απαραίτητη η ενυδάτωσή τους από το 21% της υγρασίας στο 32%. Αυτή η διεργασία πραγματοποιείται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 77°C, αφού πρώτα υποστούν προεργασία με ατμό. Στη συνέχεια, μετά την επανενυδάτωση, τα αποξηραμένα δαμάσκηνα πακετάρονται, αφού πρώτα τους προσθέσουν sorβικό οξύ σαν συντηρητικό για τη διασφάλιση της μικροβιακής σταθερότητας του προϊόντος (California Prune Board. Buyer's Guide. Pleasanton, CA., 1997).

2.4 Παραγωγή αποξηραμένων δαμάσκηνων στη Σκόπελο

Στην Σκόπελο, η παραδοσιακή τεχνική που εφαρμόζεται για την παραγωγή των ξερών δαμάσκηνων Αγεμ περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Τα δαμάσκηνα απλώνονται στον ήλιο για μερικές ημέρες ώστε να χάσουν ένα μέρος του νερού που περιέχουν.
2. Τοποθετούνται σε συρτάρια σε παραδοσιακούς ξυλόφουρνους σε θερμοκρασία 40-45° C για 4-6 ώρες ενώ γίνεται μετατόπιση τους από επάνω προς τα κάτω.
3. Βγαίνουν από τους φούρνους.
4. Μαλάσσονται, αναστρέφονται και επανεισάγονται στους φούρνους για 4-5 ώρες στους 60-70 C.
5. Ξαναβγαίνουν από τους φούρνους δέχονται τις ίδιες επεμβάσεις και στην συνέχεια τοποθετούνται πίσω σε αυτούς για 1-2 ώρες στους 70-90 C.
6. Τέλος εξέρχονται από τους φούρνους, μαλάσσονται και στην συνέχεια τοποθετούνται σε αποθηκευτικούς χώρους για 3 εβδομάδες ώστε να σταθεροποιηθεί η υγρασία τους στους 18-22 C (<http://www.agrotikabook.gr>).

Ένας παραδοσιακός φούρνος ξήρανσης στη Σκόπελο έχει την εξής διάταξη:

Στην μπροστινή όψη υπάρχουν καμινάδες για τον καπνό, απαγωγός υγρασίας, διπλός τοίχος για τη κυκλοφορία ζεστού αέρα/καπνού και η είσοδος τροφοδοσίας συρταριών με πόρτα. Στην οπίσθια

όψη βλέπουμε διπλό τοίχος για τη κυκλοφορία ζεστού αέρα/καπνού και εστία φωτιάς με ξύλα και κάρβουνα ενώ το κεντρικό τμήμα του φούρνου αποτελείται από τον θάλαμο ξήρανσης που περιέχει τα συρτάρια (επιτόπια αυτοψία).

2.5 Ξήρανση δαμάσκηνου σε ερευνητικό επίπεδο

Η τεχνική της ξήρανσης είναι μια από τις πιο παλιές μεθόδους συντήρησης των τροφίμων. Ο κύριος στόχος της ξήρανσης των αγροτικών προϊόντων είναι η μείωση της υγρασίας τους σε τέτοιο επίπεδο που επιτρέπει την ασφαλή αποθήκευσή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα καθώς και η μείωση του όγκου τους που κάνει πιο πρακτική την αποθήκευση και πιο οικονομική τη μεταφορά τους, λόγω μείωσης της μάζας τους (Sabarez *et al.*, 1997). Παράλληλα με τα οικονομικά οφέλη της ξήρανσης, οι καταναλωτές ζητούν την ανάπτυξη μεθόδων που δεν θα υποβαθμίζουν την θρεπτική αξία κατά την επεξεργασία των προϊόντων (Nijhuis *et al.*, 1998).

Χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι ξήρανσης στο εμπόριο, με την ξήρανση σε ήλιο να αποτελεί κύρια πρακτική ξήρανσης των φρούτων όπως τα δαμάσκηνα, τα σύκα, τα βερίκοκα και οι σταφίδες (Dincer, 1996; Karathanos & Belessiotis, 1997; Pala *et al.*, 1996; Weitz *et al.*, 1990). Ωστόσο, η ξήρανση σε ήλιο αποτελεί μια χρονοβόρα διαδικασία η οποία έχει κάποια μειονεκτήματα, όπως την έκθεση του καρπού στις περιβαλλοντικές συνθήκες, την πιθανή μόλυνση από έντομα και την ανάγκη ύπαρξης περισσότερων εργατικών χεριών (Abdelhaq & Labuza, 1987; Kostaropoulos & Saravacos, 1995).

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα δαμάσκηνα, η ξήρανση τους αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία καθώς η φλούδα τους καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα κηρών, κάτι που κάνει δύσκολη την απομάκρυνση των μορίων νερού από το φρούτο. Γι' αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη πολλές φορές η προεργασία των δαμάσκηνων πριν την ξήρανση, για να αυξηθεί η διαπερατότητα της φλούδας σε νερό (Doymaz, 2004). Όμως, η ξήρανση των δαμάσκηνων σε υψηλές θερμοκρασίες (>70° C) δεν απαιτεί προεργασία αυτών σε αντίθεση με την ξήρανση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (40-60° C) (Price *et al.*, 2000).

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένας πίνακας με τις συνθήκες ξήρανσης των δαμάσκηνων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μελέτες. Παρατηρείτε ότι στις 4 πρώτες μελέτες που υπάρχουν στον πίνακα, δεν χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι προεργασίας των δαμάσκηνων πριν την ξήρανση, ενώ οι θερμοκρασίες ξήρανσης κυμαίνονταν από 70-100° C. Όσον αφορά τις έρευνες που έκαναν προεργασία των δαμάσκηνων, η χαμηλότερη θερμοκρασία ξήρανσης ήταν 44° C και η υψηλότερη 85° C.

Πίνακας 1. Προτεινόμενες συνθήκες ξήρανσης από μελέτες ξήρανσης δαμάσκηνων

Προεργασία δαμάσκηνων (Pretreatment)	Θερμοκρασία ξήρανσης (°C)	Ταχύτητα αέρα (m/s)	RH% (σχετική υγρασία %)	Χρόνος ξήρανσης (ώρες-hours)	Παραπομπή
Όχι	70,80,90,100	-	70-80%	-	Newman <i>et al.</i> , 1996
Όχι	70, 80,90, 100	0,3	0-5%, 20- 40%, 40-65%	τουλάχιστον 18	Sabarez <i>et al.</i> , 1997
Όχι	70, 75, 80	5	3%	-	Sabarez <i>et al.</i> , 1999
Όχι	70, 80	1,5 2,9 4,3 5,7 7	15% 35%	για u=7 m/s 80oC RH= 15% ξήρανση στις 13 h	Sabarez <i>et al.</i> , 2012
Ναι	60	0,5	-	οι μετρήσεις έγιναν μέχρι την 36 ^η	Di Matteo <i>et al.</i> , 2002 Cinquanta <i>et al.</i> , 2003
Ναι	65	1,2	-	-	Doymaz, 2004
Ναι	50, 60, 70	0,8	-	-	Sacilik <i>et al.</i> , 2005
Ναι	60,70, 80	1, 2, 3	-	-	Menges <i>et al.</i> , 2006
Ναι	44,50	0,75-1	-	54	Tahran, 2007
Ναι	55,60, 65	0,004 (speed of tunnel)	-		Goyal <i>et al.</i> , 2007
Ναι	85	0,8	-	8	Jazini <i>et al.</i> , 2010

Επιπλέον, έχουν γίνει μελέτες που εξετάζουν την επίδραση που έχει τόσο η ταχύτητα του αέρα όσο και η σχετική υγρασία του θαλάμου ξήρανσης, στον χρόνο ξήρανσης. Για παράδειγμα ο Sabarez *et al.* (2012) χρησιμοποίησε 5 διαφορετικές ταχύτητες αέρα (1.5, 2.9, 4.3, 5.7 και 7 m/s), 2 διαφορετικές σχετικές υγρασίες (15% και 35%) και 2 διαφορετικές θερμοκρασίες ξήρανσης (70 και 80° C) και παρατήρησε ότι για να φτάσει το δαμάσκηνο σε τελική υγρασία 20% σε υγρή βάση, σε μικρό χρόνο (13 ώρες ξήρανση), ο καλύτερος συνδυασμός συνθηκών ήταν $u=7$ m/s, 80° C και σχετική υγρασία θαλάμου 15%.

Επιπλέον, σχετικά με τις μεθόδους προεργασίας των δαμάσκηνων πριν την ξήρανση, χρησιμοποιούνται τόσο μηχανικές/ φυσικές όσο και χημικές μέθοδοι. Οι χημικές μέθοδοι προεργασίας, συνήθως διασπούν την κηρώδη επιφάνεια των φρούτων και δημιουργούν μικροσκοπικά «σπασίματα» σε αυτήν με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαπερατότητά της σε υγρασία. Η καλύτερη μέθοδος προεργασίας είναι αυτή η οποία μειώνει το χρόνο ξήρανσης και διατηρεί την ποιότητα του προϊόντος σε υψηλό επίπεδο (χρώμα, γεύση, θρεπτική αξία κ.τ.λ.). (Tahran, 2007). Στον πίνακα 2 φαίνονται κάποιες συχνά χρησιμοποιημένες μέθοδοι. Υπάρχουν μελέτες που συγκρίνουν τις φυσικές/μηχανικές μεθόδους με τις χημικές. Από τα αποτελέσματα αυτών των μελετών φαίνεται ότι οι φυσικές/ μηχανικές μέθοδοι είναι πιο αποτελεσματικές και μειώνουν το χρόνο ξήρανσης σε μεγαλύτερο βαθμό (Di Matteo *et al.*, 2002; Cinquanta *et al.*, 2002; Jazini *et al.*, 2010). Επιπλέον ο Jazini *et al.* (2010) παρατήρησε ότι η βύθιση των δαμάσκηνων σε διάλυμα που βράζει (100°C) είναι πιο αποτελεσματική από τη βύθιση σε διάλυμα που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία καθώς η κηρώδη φλούδα του δαμάσκηνου καταστρέφεται σε μεγαλύτερο βαθμό με την αυξημένη θερμοκρασία.

Όσον αφορά τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται για την προεργασία των δαμάσκηνων συνήθως είναι αλκαλικά ή υδατικά διαλύματα ελαϊκού αιθυλεστέρα, διάλυμα KOH ή NaOH, potassium meta bisulphite ή μόνο νερό.

Ο Tarhan (2007), με τη σειρά του, σύγκρινε διάφορες χημικές μεθόδους προεργασίας μεταξύ τους και είδε ότι το διάλυμα KOH 1% και το NaOH 1% με τις υψηλότερες θερμοκρασίες (60°C), αποτέλεσαν πιο αποτελεσματικούς συνδυασμούς προεργασίας του δαμάσκηνου, καθώς τα προϊόντα έχασαν το 75% της υγρασίας τους στον πιο σύντομο χρόνο. Φαίνεται ότι η επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας του νερού στην προεργασία του δαμάσκηνου, αυξάνεται όταν προστεθεί στο διάλυμα KOH (1%) ή NaOH (1%). Παρατήρησαν ότι τα διαλύματα KOH και NaOH ήταν πιο αποτελεσματικά από τα διαλύματα ελαϊκού αιθυλεστέρα που χρησιμοποιούνται ευρέως και σε βιομηχανική κλίμακα.

Πίνακας 2. Μέθοδοι προεργασίας δαμάσκηνων πριν τη ξήρανση

Συγγραφέας	Έτος	Μέθοδος προεργασίας δαμάσκηνων
Di Matteo <i>et al.</i>	2002	Τριβή με ειδικό χαρτί. Η ταχύτητα του κυλίνδρου περιστροφής με το ειδικό χαρτί είναι 120 rpm και η διάρκεια 15 λεπτά (μηχανική διεργασία)
		Βύθιση σε υδατικό διάλυμα 2% (v/v) ελαϊκού αιθυλεστέρα και 2,5% (v/v) K_2CO_3 στους 40° C για 5 λεπτά (χημική διεργασία)
Cinquanta <i>et al.</i>	2002	Τριβή με ειδικό χαρτί. Η ταχύτητα του κυλίνδρου περιστροφής με το ειδικό χαρτί είναι 120 rpm και η διάρκεια 15 λεπτά (μηχανική διεργασία)
		Βύθιση σε υδατικό διάλυμα 2% (v/v) ελαϊκού αιθυλεστέρα και 2,5% (v/v) K_2CO_3 στους 40°C για 5 λεπτά (χημική διεργασία)
Doymaz	2004	βύθιση σε αλκαλικό διάλυμα ελαϊκού αιθυλεστέρα για πάνω από 1 λεπτό (5% v/v K_2CO_3 , 2% v/v ελαϊκού αιθυλεστέρα) (χημική διεργασία)
Sacilik <i>et al.</i>	2006	Βύθιση σε ζεστό νερό, 80°C για 2 λεπτά και ξέπλυμα, αμέσως μετά, με νερό βρύσης σε θερμοκρασία δωματίου (χημική διεργασία)
Tarhan	2007	Βύθιση σε διάλυμα ελαϊκού αιθυλεστέρα 4%, στους 23°C (χημική διεργασία)
		Βύθιση σε διάλυμα ελαϊκού αιθυλεστέρα 4%, στους 60°C (χημική διεργασία)
		Βύθιση σε διάλυμα KOH 1%, στους 23°C (χημική διεργασία)
		Βύθιση σε διάλυμα KOH 1%, στους 60°C (χημική διεργασία)
		Βύθιση σε διάλυμα NaOH 1%, στους 23°C (χημική διεργασία)
		Βύθιση σε διάλυμα NaOH 1%, στους 60°C (χημική διεργασία)
		Βύθιση σε νερό, στους 23°C (χημική διεργασία)
		Βύθιση σε νερό, στους 60°C (χημική διεργασία)
Menges <i>et al.</i>	2006	Βυθιση των δαμάσκηνων για 15 δευτερόλεπτα σε διάλυμα NaOH 2% (χημική διεργασία)
Goyal <i>et al.</i>	2007	Ζεμάτισμα κομματιασμένων δαμάσκηνων στους 50°C για 2 λεπτά (χημική διεργασία)
		Ζεμάτισμα κομματιασμένων δαμάσκηνων με 1% διάλυμα potassium meta bisulphite (χημική διεργασία)
Jazini <i>et al.</i>	2010	Τρύπημα του δαμάσκηνου (1 τρύπα/ 2 cm ²) και ζεμάτισμα σε βραστό νερό για 20 δευτερόλεπτα (φυσική διεργασία)
		Βύθιση σε υδατικό διάλυμα NaOH 1% (w/v) στους 100 °C για 20 δευτερόλεπτα (χημική διεργασία)

3. ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΔΑΜΑΣΚΗΝΩΝ

3.1 Μακροθρεπτικά συστατικά

Πίνακας 3. Διατροφική ανάλυση φρέσκων και ξερών δαμάσκηνων (USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 27).

Διατροφική Ανάλυση	Φρέσκα δαμάσκηνα (100g)	Αποξηραμένα δαμάσκηνα (100g)
Ενέργεια	46 kcal	240 kcal
Νερό	87,23 g	30,92 g
Πρωτεΐνες	0,70 g	2,18 g
Ολικά λιπαρά	0,28 g	0,38 g
Υδατάνθρακες	11,42 g	63,88 g
Φυτικές εδώδιμες ίνες	1,4 g	7,1 g
Σάκχαρα, ολικά	9,92 g	38,13 g
Ασβέστιο (Ca)	6 mg	43 mg
Σίδηρος (Fe)	0,17 mg	0,93 mg
Φώσφορος (P)	16 mg	69 mg
Νάτριο (Na)	0 mg	2 mg
Μαγνήσιο (Mg)	7 mg	41 mg
Κάλιο (K)	157 mg	732 mg
Ψευδάργυρος (Zn)	0,1 mg	0,44 mg
Βιταμίνη C, ολικό ασκορβικό οξύ	9,5 mg	0,6 mg
Θειαμίνη	0,028 mg	0,051 mg
Ριβοφλαβίνη	0,026 mg	0,186 mg
Νιασίνη	0,417 mg	1,882 mg
Βιταμίνη B6	0,029 mg	0,205 mg
Φολικό οξύ	5 µg	4 µg
Βιταμίνη B12	0,00	0,00
Βιταμίνη A, RAE	17 µg	781 µg
Βιταμίνη E (α-τοκοφερόλη)	0,26 mg	0,43 mg
Βιταμίνη D (D2 + D3)	0.0	0.0
Βιταμίνη K	6,4 µg	59,5 µg
Κορεσμένα λιπαρά οξέα	0,017 g	0,088 g
Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα	0,134 g	0,053 g
Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα	0,044 g	0,062 g

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η διατροφική αξία του φρέσκου και αποξηραμένου δαμάσκηνου στα 100g με βάση τη διεθνή βάση διατροφικής ανάλυσης του USDA η οποία αναθεωρείται κάθε χρόνο. Να σημειωθεί ότι η μερίδα που ορίζεται από τον USDA για τα ξερά δαμάσκηνα είναι τα 42g (5 τεμάχια). Όπως φαίνεται και στον πίνακα η κύρια πηγή ενέργειας των δαμάσκηνων προέρχεται από τους υδατάνθρακες.

Οι κύριοι υδατάνθρακες που περιέχονται στα δαμάσκηνα είναι η γλυκόζη, φρουκτόζη και η σορβιτόλη (Πίνακας 4) (Dikeman *et al.*, 2004) (Bauer *et al.*, 2004)

Πίνακας 4. Περιεκτικότητα φρέσκων και ξερών δαμάσκηνων σε σάκχαρα (Sapuntzakis, 2013).

Θρεπτικά συστατικά	Φρέσκα δαμάσκηνα (100g)	Αποξηραμένα δαμάσκηνα (100g)
Ολικές εδώδιμες ίνες	2,7 g	9,1 g
Ολιγοσακχαρίτες	0,6 g	1,4 g
Γλυκόζη	15 g	20,6 g
Φρουκτόζη	9,2 g	13,1 g
Σουκρόζη	0,3 g	0,6 g
Σορβιτόλη	5,8 g	9,1 g
Ινοσιτόλη	1,5 g	1,8

Στον πίνακα 4 φαίνεται ότι μετά τη θερμική επεξεργασία τα σάκχαρα αυξάνονται. Ωστόσο οι Wilford *et al.* (1997) αναφέρουν ότι κατά τη ξήρανση των δαμάσκηνων παρατηρείται δραματική μείωση της σουκρόζης καθώς υδρολύεται προς γλυκόζη και φρουκτόζη. Αυτό συμβαίνει γιατί σπάνε τα τοιχώματα των φυτικών κυττάρων, απελευθερώνονται οι ιμπερτάσες και τα οξέα του φρούτου και καταλύεται η υδρόλυση κατά τη διάρκεια των πρώτων ωρών της ξήρανσης. Η ίδια μελέτη αναφέρει ότι η ξήρανση για μεγάλο χρονικό διάστημα οδηγεί σε μείωση της γλυκόζης και

της φρουκτόζης λόγω των μη ενζυμικών αντιδράσεων αμαύρωσης (Maillard) που πραγματοποιούνται παρουσία αμινοξέων.

Οι πίνακες του USDA προτείνουν ότι η περιεκτικότητα των ξερών δαμάσκηνων σε εδώδιμες ίνες αγγίζει τα 7,1 g ενώ οι Dikeman *et al.* (2004) και οι Bauer *et al.* (2004) αναφέρουν ότι στα 100g ξερού δαμάσκηνου περιέχονται 9,1 g. Και στις 2 περιπτώσεις 100g προϊόντος (περίπου 2,5 μερίδες) καλύπτουν πάνω από το 20% της επαρκής πρόσληψης (AI) εδωδιμων ινων του γενικού πληθυσμού (25g για τις γυναίκες, 38g για τους άντρες) (Institute of Medicine, 2005). Ωστόσο τα αποτελέσματα των Dikeman *et al.* (2004) και οι Bauer *et al.* (2004) έρχονται σε συμφωνία με αποτελέσματα άλλων ερευνητών οι οποίοι προσδιόρισαν 9,2 g εδωδιμων ινων σε 100g ξερών δαμάσκηνων, εκ των οποίων τα 5,3 g ήταν διαλυτές εδωδιμες ίνες και τα 3,9 g αδιάλυτες ίνες (Fatimi *et al.*, 2007). Όσον αφορά την περιεκτικότητα των φρέσκων δαμάσκηνων σε υγρασία, μελέτες την έχουν υπολογίσει γύρω στο 86-88% (Walkowiak-Tomczak *et al.*, 2008b). Ποιο συγκεκριμένα τα δαμάσκηνα ποικιλίας Stanley (από Τουρκία) φαίνεται να έχουν υγρασία περίπου 89% (Ertekin *et al.*, 2006) ενώ αυτά της ποικιλίας Agen έχουν υγρασία μόνο 57% (Dikeman *et al.*, 2004).

3.2 Μικροθρεπτικά συστατικά

Με βάση τον ΕΚ 1169/2011 ένα τρόφιμο περιέχει σε σημαντική ποσότητα κάποιο θρεπτικό συστατικό, όταν αυτό καλύπτει το 15 % των ημερήσιων διατροφικών τιμών αναφοράς. Όσον αφορά τα ξερά δαμάσκηνα παρατηρούμε από τον πίνακα ότι το κάλιο και η βιταμίνη Κ περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες στα 100g προϊόντος, ενώ αρκετά σημαντικό ποσοστό των τιμών αναφοράς καλύπτουν η βιταμίνη Β6, η ριβοφλαβίνη (βιταμίνη Β2), η νιασίνη (βιταμίνη Β3) και το μαγνήσιο. Ωστόσο αυτές οι τιμές ποικίλουν και έχουν διάφορες διακυμάνσεις μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών δαμάσκηνων (Agen, Stanley κ.α.), μεταξύ δαμάσκηνων που έχουν καλλιεργηθεί με διαφορετικό τρόπο ή και σε διαφορετικό τόπο, ενώ φαίνεται να επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν κατά τόπους.

Οι υπολογισμοί για τις % ημερήσιες προσλήψεις αναφοράς (NRV) για τα μικροθρεπτικά συστατικά των φρέσκων και αποξηραμένων δαμάσκηνων, που παρουσιάζονται στον πίνακα 5 έγιναν με βάση τον ΕΚ 1169/2011. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον πίνακα προέρχονται από την επικαιροποιημένη βάση δεδομένων του USDA (S.R.R. 27).

Πίνακας 5. Περιεκτικότητα φρέσκων και αποξηραμένων δαμάσκηνων σε μικροθρεπτικά συστατικά (USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 27) (Ε.Κ. 1169/2011).

Μικροθρεπτικά συστατικά	Ημερήσιες προσλήψεις αναφοράς (NRV) για έναν μέσο ενήλικα για βιταμίνες και ιχνοστοιχεία	% Ημερήσιες προσλήψεις αναφοράς (NRV) για έναν μέσο ενήλικα ανά 100g φρέσκου δαμάσκηνου	% Ημερήσιες προσλήψεις αναφοράς (NRV) για έναν μέσο ενήλικα ανά 100g ξηρού δαμάσκηνου
Βιταμίνη Α	800 µg	2,1%	4,9%
Βιταμίνη D	5 µg	0	0
Βιταμίνη Ε	12 mg	2,2%	3,6%
Βιταμίνη Κ	75 µg	8,5%	79,3%
Βιταμίνη C	80 mg	11,9%	0,8%
Θειαμίνη	1,1 mg	2,5%	4,6%
Ριβοφλαβίνη	1,4 mg	1,9%	13,3%
Νιασίνη	16 mg	2,6%	11,8%
Βιταμίνη Β6	1,4 mg	2,1%	14,6%
Φολικό οξύ	200 µg	2,5%	2%
Βιταμίνη Β12	2,5 µg	0	0
Κάλιο	2 000 mg	7,9%	36,6%
Ασβέστιο	800 mg	0,8%	5,4%
Φωσφόρος	700 mg	2,3%	9,9%
Μαγνήσιο	375 mg	1,9%	10,9%
Σίδηρος	14 mg	1,2%	6,6%
Ψευδάργυρος	10 mg	1%	4,4%

Στον πίνακα 6 φαίνεται η περιεκτικότητα των φρέσκων δαμάσκηνων Stanley σε επιλεγμένα μικροθρεπτικά συστατικά. Παρατηρούμε ότι τα Stanley περιέχουν σημαντική ποσότητα σιδήρου, χαλκού, ψευδάργυρου και μαγγανίου. Και σε αυτή την περίπτωση οι υπολογισμοί για τις % ημερήσιες προσλήψεις αναφοράς (NRV) για τα μικροθρεπτικά συστατικά των αποξηραμένων δαμάσκηνων έγιναν με βάση τον ΕΚ 1169/2011.

Πίνακας 6. Περιεκτικότητα φρέσκων δαμάσκηνων της ποικιλίας Stanley σε επιλεγμένα μικροθρεπτικά συστατικά (Ertekin *et al.*, 2006) (Ε.Κ. 1169/2011).

Μικροθρεπτικά συστατικά	Δαμάσκηνα Stanley	% Διατροφικές τιμές αναφοράς (NRV) ανά 100g φρέσκου δαμάσκηνου Stanley
Ασβέστιο	13 mg	1,6%
Κάλιο	127 mg	6,35%
Σίδηρος	2,3 mg	12,42%
Μαγνήσιο	2,5 mg	0,66%
Φώσφορος	9,6 mg	1,37%
Χαλκός	1,5 mg	150%
Μαγγάνιο	0,3 mg	15%
Ψευδάργυρος	1,2 mg	12%

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι με την ξήρανση η περιεκτικότητα των δαμάσκηνων σε μικροθρεπτικά συστατικά αυξάνεται σημαντικά καθώς έχουμε απώλεια νερού. Εξαίρεση αποτελεί η βιταμίνη C η οποία υποβαθμίζεται λόγω της θερμικής επεξεργασίας (Ryley *et al.*, 1993). Έχει αποδειχτεί ότι η ποικιλία των δαμάσκηνων, οι παράμετροι ξήρανσης καθώς και η διάρκεια αποθήκευσης επηρεάζουν την περιεκτικότητα των αποξηραμένων δαμάσκηνων σε βιταμίνη C (Del Caro *et al.*, 2004) (Piga *et al.*, 2003).

3.3 Φαινολικά συστατικά

Τα φαινολικά συστατικά είναι η κύρια πηγή αντιοξειδωτικών στα αποξηραμένα δαμάσκηνα. Το συστατικό που χαρακτηρίζει τα ξερά δαμάσκηνα είναι το χλωρογενικό οξύ οποίο κατά την επεξεργασία των δαμάσκηνων φαίνεται να μην υποβαθμίζεται υπό συγκεκριμένες συνθήκες (Chun *et al.*, 2004). Τα κύρια ισομερή του χλωρογενικού οξέος που περιέχονται στα ξερά δαμάσκηνα είναι το νεοχλωρογενικό και το κρυπτοχλωρογενικό οξύ (Nakatani *et al.*, 2000; Prior *et al.*, 2007) (Πίνακας 7). Όπως παρατηρείται το νεοχλωρογενικό οξύ είναι το φαινολικό συστατικό που υπερτερεί ποσοτικά συγκριτικά με το χλωρογενικό και το κρυπτοχλωρογενικό οξύ.

Ωστόσο εκτός από τα ισομερή του χλωρογενικού οξέος, υπάρχουν και φαινολικά συστατικά όπως ανθοκυανιδίνες και φλαβονόλες οι οποίες υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες τόσο στα αποξηραμένα όσο και στα φρέσκα δαμάσκηνα (Πίνακας 8)

Πίνακας 7. Περιεκτικότητα αποξηραμένων δαμάσκηνων σε επιλεγμένα φαινολικά συστατικά

Προϊόν	Φαινολικά συστατικά	Περιεκτικότητα (mg/100g προϊόντος) Nakatani <i>et al.</i> , 2000	Περιεκτικότητα (mg/100g προϊόντος) Prior <i>et al.</i> , 2007
Αποξηραμένα δαμάσκηνα	Χλωρογενικά οξέα (ολικά)	107,7	152,5
	Νεοχλωρογενικό	133	91,6
	Κρυπτοχλωρογενικό	31	51,1
	Χλωρογενικό οξύ	6,7	9,9
	Καφεϊκό οξύ	2,6	-

Πίνακας 8. Περιεκτικότητα των φρέσκων και αποξηραμένων δαμάσκηνων σε φλαβονοειδή (USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods, Release 3.1)

Προϊόν	Τάξη φλαβονοειδών	Φλαβονοειδή	mg/100g εδώδιμου προϊόντος
Φρέσκο δαμάσκηνο (prunus domestica)	Ανθοκυανιδίνες	Κυανιδίνη	4.73
		Δελφινιδίνη	0.02
		Πελαργονιδίνη	0.02
		Πεονιδίνη	2.21
	Φλαβόνες	Απιγενίνη	0.01
		Λουτεολίνη	0.01
	Φλαβονόλες	Καμφερόλη	0.01
		Μυρισετίνη	0.01
		Κερκετίνη	1.79
Αποξηραμένα δαμάσκηνα (δεν προσδιορίζεται η ποικιλία)	Ανθοκυανιδίνες	Κυανιδίνη	0.71
		Δελφινιδίνη	0.04
	Φλαβόνες	Λουτεολίνη	0,01
	Φλαβονόλες	Καμφερόλη	0,01
		Μυρισετίνη	0,01
		Κερκετίνη	1,80

Σε αναλύσεις της HPLC, σε διάφορες μελέτες, το κρυπτοχλωρογενικό και το χλωρογενικό οξύ δεν διαχωρίζονται με αποτέλεσμα να αναφέρονται μαζί ως χλωρογενικό οξύ (Piga *et al.*, 2003). Η ξήρανση των δαμάσκηνων για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε χαμηλή θερμοκρασία (60-72 ώρες, 60° C) υποβαθμίζει μερικώς το χλωρογενικό οξύ, ενώ η ξήρανση σε υψηλή θερμοκρασία για μικρό χρονικό διάστημα (38-44 ώρες, 85° C) διατηρεί το χλωρογενικό οξύ στο τελικό προϊόν. Αντιθέτως οι ανθοκυανίνες, όπως για παράδειγμα η κυανιδίνη-3 ρουτινοσίδη, καθώς και οι κατεχίνες καταστρέφονται τελείως με τη ξήρανση (Piga *et al.*, 2003). Επιπλέον, μικρές ποσότητες ρουτίνης φαίνεται να διατηρούνται μετά την ξήρανση σε ποικιλίες δαμάσκηνων, όπως η President, οι οποίες έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε αυτή την ουσία.

Το χλωρογενικό οξύ των ξερών δαμάσκηνων φαίνεται να ευθύνεται για το 30% μόνο της αντιοξειδωτικής ικανότητας αυτών. Επομένως, υπάρχει μια πλειάδα άλλων αντιοξειδωτικών ουσιών

στα ξερά δαμάσκηνα που ευθύνεται για το υπόλοιπο 70% της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας (Kayano *et al.*, 2003b). Διάφοροι ερευνητές έχουν αναλύσει τα αποξηραμένα δαμάσκηνα του γένους *Prunus domestica* L. και έχουν βρει αρκετές αντιοξειδωτικές ουσίες, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Οι Fang *et al.* (2002), εντόπισαν σχεδόν 40 κύρια φαινολικά συστατικά στα δαμάσκηνα όπως το καφεϊκό, φερουλικό, p-κουμαρικό, γαλλικό, πρωτοκατεχικό και p-υδροξύβενζοϊκό οξύ, καθώς και τους γλυκοζίτες τους και τους εστέρες τους.

Πίνακας 9. Περιεκτικότητα των αποξηραμένων δαμάσκηνων σε πολυφαινόλες (Stacewicz-Sapuntzakis, 2013)

Συγγραφείς, έτος	Fang <i>et al.</i> , 2002	Kayano <i>et al.</i> , 2002	Kayano <i>et al.</i> , 2003b	Kayano <i>et al.</i> , 2004b	Kikuzaki <i>et al.</i> , 2004
Φαινολικά συστατικά σε ξερά δαμάσκηνα του γένους <i>Prunus domestica</i> L.	Φέρουλοκουϊνικό οξύ	p-κουμαρικό οξύ	(-)-επικατεχίνη	Κονιφερίνη	αμπισισικό οξύ
	Κουμάρυλοκινικό οξύ	Πρωτοκατεχικό οξύ	7-μεθόξυκουμαρίνη	Σκοπολετίνη	Γλυκοπυρανο-σίδηαμπισισικού οξέος
	Τριυδροκινναμοϋλοκινικό οξύ	Γλυκοζίτες βανιλικού οξέος			
	Δικαφεόϋλοκουϊνικά οξέα	4-αμινο-4-καρβόξυχρωμάν-2-όνη		Ρουτίνη	Διϋδροξυ-διμεθυλο-7-οξα-6-οξοδικυκλο-οκτ-8-υλο-3-μεθυλ-πενταδιενοϊκό οξύ
	Καφεόϋλοσικιμικά οξέα			Γλυκοπυρανοζίτες φερουλικού οξέος	γλυκοπυρανοσίδη διϋδροξυ-διμεθυλο-7-οξα-6-οξοδικυκλο-οκτ-8-υλο-3-μεθυλο-πενταδιενοϊκού οξέος
	Γαλλικό οξύ και οι γλυκοζίτες του			Γλυκοπυρανοζίτες βανιλικού οξέος	Τριυδροξυ-διμεθυλο-7-οξα-6-οξοδικυκλο-οκτ-8-υλο-3-μεθυλ-πενταδιενοϊκό οξύ

	πρωτοκατεχικό οξύ και οι γλυκοζίδες του			(+) - Πευκορητινόλη γλυκοπυρανοσίδη	
	p-υδροξυβενζοϊκό οξύ και οι γλυκοζίδες του			9-γλυκοπυρανοζυλο-7- (4-υδροξυ-3-μεθοξυφαινυλ-1-(3-υδροξυ-προπυλο) -3-μεθοξυ-διϋδρο-βενζοφουρανιο	
	Βανιλικό οξύ και οι γλυκοζίδες του			Benzyl beta-primeveroside	
	Μεθόξυβενζοϊκό οξύ και οι γλυκοζίδες του			2-(5-υδροξυμεθυλ-2',5'-διοξο-2',3',4',5'-τετραϋδρο-1'H-1,3'-διπυρρόλιο) καρβαλδευδη	
	Γλυκοζίδες μεθόξυβενζοϊκού οξέος				
	Καφεϊκό οξύ και οι γλυκοζίδες του				
	Συριγγικό οξύ και οι γλυκοζίδες του				
	Γλυκοζίδες μεθοξυκινναμωμικού οξέος				
	p-κουμαρικό οξύ και οι γλυκοζίδες του				
	Φερουλικό οξύ και οι γλυκοζίδες του				

4. ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΔΑΜΑΣΚΗΝΩΝ

Τα ξέρα δαμάσκηνα είναι ευρέως γνωστά για την δράση τους κατά της δυσκοιλιότητας. Μάλιστα, σύμφωνα με τον Κανονισμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (ΕΥ) Νο 536/2013, τα ξερά δαμάσκηνα της ποικιλίας *Prunus domestica* L. συνεισφέρουν στην ομαλή λειτουργία του εντέρου, όταν όμως η κατανάλωσή τους φτάνει τα 100g ημερησίως. Να σημειωθεί ότι ο ισχυρισμός υγείας έχει να κάνει με την περιεκτικότητα των δαμάσκηνων σε φυτικές ίνες και όχι στο φαινολικό τους περιεχόμενο.

Ωστόσο, βιβλιογραφικά φαίνεται ότι τα δαμάσκηνα επιδρούν και σε άλλα συστήματα και νόσους όπως στον οστικό μεταβολισμό, στο διαβήτη και στην αθηροσκλήρωση, ενώ έχουν αντικαρκινική και αντιμικροβιακή δράση.

4.1 Αντιμικροβιακή δράση

Τα φρέσκα και τα ξερά δαμάσκηνα έχει αποδειχθεί ότι καταστέλλουν την ανάπτυξη τροφογενών παθογόνων μικροοργανισμών σε υγρό ζωμό κρέατος αλλά και σε κιμά. Συγκεκριμένα φαίνεται να καταστέλλουν την ανάπτυξη των *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* και *Staphylococcus aureus* (Fung & Thompson, 2009).

4.2 Δυσκοιλιότητα

Η δυσκοιλιότητα επηρεάζει το 14% του ενήλικου πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο και έχει σημαντική επίδραση στην ποιότητα της ζωής (Suarez *et al.*, 2011). Σαν πρώτης γραμμής θεραπεία θεωρείται η αύξηση της κατανάλωσης των φυτικών ινών μέσω της διατροφής, αν και δεν υπάρχουν επαρκή επιστημονικά δεδομένα που να υποστηρίζουν ισχυρά την άποψη αυτή (Suarez NC *et al.*, 2011)

Τα ξερά δαμάσκηνα θεωρείτε ότι έχουν καθαρτική δράση και χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για τη θεραπεία της δυσκοιλιότητας (Muller-Lissner *et al.*, 2005). Αυτή η δράση τους έχει αποδοθεί στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε φυτικές ίνες. Ωστόσο τα δαμάσκηνα και τα προϊόντα τους περιέχουν και άλλα θρεπτικά συστατικά τα οποία πιθανότατα έχουν καθαρτική δράση, όπως η σορβιτόλη και τα φαινολικά συστατικά (π.χ. χλωρογενικό και νεοχλωρογενικό οξύ), λόγω του ότι δεν απορροφώνται στο λεπτό έντερο και περνάνε στο κόλον (Stacewicz-Sapuntzakis, 2013).

Η επίδραση των ξερών δαμάσκηνων στην κινητικότητα του εντέρου διαφέρει από ασθενή σε ασθενή και έχει να κάνει με την υγεία και την ευαισθησία των ατόμων. Σε έρευνα που έγινε σε

μεταεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, μελετήθηκε η επίδραση των ξερών δαμάσκηνων στην σκελετική τους υγεία ενώ παράλληλα οι γυναίκες αυτές ανέφεραν πιθανές αλλαγές στη λειτουργία του εντέρου. Πιο συγκεκριμένα, υπήρξαν 2 ομάδες παρέμβασης, όπου στη μια κατανάλωναν 100g ξερών δαμάσκηνων και στην άλλη 75g ξερών μήλων σε καθημερινή βάση για 3 μήνες. Σύμφωνα με τις αναφορές των γυναικών, δεν υπήρξε διαφορά στη λειτουργία του εντέρου μεταξύ των 2 ομάδων παρέμβασης (ίδια ποσότητα φυτικών ινών) και δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στη λειτουργία του εντέρου μέχρι το τέλος της παρέμβασης (Lucas *et al.*, 2004).

Το Κινέζικο Ινστιτούτο Διατροφής και Ασφάλειας Τροφίμων (Chinese Institute of Nutrition and Food Safety) πραγματοποίησε κλινική δοκιμή σε 120 άτομα με μέτρια δυσκοιλιότητα. Τα άτομα χωρίστηκαν σε μια ομάδα παρέμβασης, στην οποία κατανάλωναν 50mL από ένα εκχύλισμα από ξερά δαμάσκηνα κάθε μέρα, επί 7 ημέρες και σε μια ομάδα ελέγχου, στην οποία δεν κατανάλωναν τίποτα. Η ομάδα παρέμβασης αύξησε σημαντικά την συχνότητα των κενώσεων από 2,2 φορές στις 4.6 φορές την εβδομάδα, ενώ η ομάδα ελέγχου δεν εμφάνισε κάποια διαφορά (Chinese Institute of Nutrition and Food Safety, 2005)

Σε διασταυρούμενη μελέτη, 2 εβδομάδων που πραγματοποιήθηκε σε γυναίκες ηλικίας 25-54 ετών, χορηγήθηκαν, σαν σνακ, ξερά δαμάσκηνα (100 kcal) στη μια ομάδα και μπισκότα χαμηλών λιπαρών στην άλλη. Παρατηρήθηκε ότι οι γυναίκες είχαν πιο μαλακά κόπρανα όταν κατανάλωναν ξερά δαμάσκηνα (Howarth *et al.*, 2010).

Ακόμη, σε διασταυρούμενη τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή, συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα των ξερών δαμάσκηνων και του ψύλλιου, όσον αφορά τη δυσκοιλιότητα. Εδώ να αναφέρουμε ότι το ψύλλιο (psyllium) είναι μια εναλλακτική θεραπεία της δυσκοιλιότητας. Το ψύλλιο αποτελείται από μικρούς σπόρους φυτών, οι οποίοι περιέχουν φυτικές ίνες. Η ουσιαστική δράση του ψύλλιου, αναφέρεται στο γεγονός ότι κατακρατά νερό σε ποσοστό 1/6 του βάρους του. Τα άτομα της μελέτης είχαν ηλικία από 18-75 ετών και ανέφεραν συμπτώματα χρόνιας δυσκοιλιότητας. Οι εθελοντές χωρίστηκαν σε 2 ομάδες και κάθε ομάδα κατανάλωνε είτε 50g ξερών δαμάσκηνων είτε 11g περίπου ψύλλιο, 2 φορές την ημέρα. Κάθε παρέμβαση διαρκούσε 3 εβδομάδες και μεταξύ των 2 παρεμβάσεων υπήρχε 1 εβδομάδα κενή, όπου το άτομο δεν κατανάλωνε τίποτα από τα δυο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και στις 2 περιπτώσεις αυξήθηκε ο αριθμός των αυθόρμητων κενώσεων μέσα στην εβδομάδα, με την ομάδα των ξερών δαμάσκηνων να έχει σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό κενώσεων από την ομάδα που κατανάλωνε ψύλλιο (Attaluri *et et al.*, 2011).

Ένα από τα συστατικά που προκαλούν την καθαρτική δράση των δαμάσκηνων φαίνεται να είναι και η σορβιτόλη που αποδεδειγμένα βοηθάει στην καλή λειτουργία του εντέρου, μέσω του οσμωτικού

φαινομένου που προκαλεί στο παχύ έντερο (Livesey *et al.*, 2001) (Grabitske & Slavin, 2009). Ακόμη, το ίδιο συστατικό φαίνεται να έχει πρεβιοτική δράση καθώς είναι άπεπτος πολυσακχαρίτης και περνάει στο κόλον όπου ζυμώνεται από τη μικροχλωρίδα του εντέρου και παράγεται κυρίως βουτυρικό οξύ (Livesey, 2003).

Επιπλέον, φαινολικές ενώσεις όπως το καφεϊκό οξύ αυξάνουν την κινητικότητα του εντέρου, ενώ το φερουλικό οξύ προκαλεί δοσοεξαρτώμενες συστολές σε απομονωμένα στομάχια πειραματόζωων, ενώ παράλληλα αυξάνει το ρυθμό της γαστρικής κένωσης και μειώνει τον χρόνο διέλευσης του εντερικού περιεχομένου (Badary *et al.*, 2006). Ακόμη η σεροτονίνη, που πιθανόν περιέχεται στα ξερά δαμάσκηνα, προκαλεί έκκριση ηλεκτρολυτών και νερού στον εντερικό αυλό και συστολή του εντέρου (Salvador *et al.*, 2000). Τα φρέσκα δαμάσκηνα περιέχουν περίπου 3,6-5,7 μg σεροτονίνη ανά g δαμάσκηνου (Feldman & Lee, 1985). Ωστόσο τα ξερά δαμάσκηνα δεν έχουν μελετηθεί για την περιεκτικότητά τους σε αυτό το συστατικό.

Συνοψίζοντας οι έρευνες σχετικά με την επίδραση των ξερών δαμάσκηνων σε ανθρώπους χωρίς δυσκοιλιότητα είναι περιορισμένες και θα πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες με κύριο τελικό σημείο έκβασης την λειτουργία του παχέος εντέρου. Τέλος η καθαρτική δράση των δαμάσκηνων σε ανθρώπους με δυσκοιλιότητα απαιτεί τη διενέργεια και άλλως μελετών για να τεκμηριωθεί και να προτείνεται σαν μια κλασσική θεραπεία για τη διαχείριση της δυσκοιλιότητας (Lever *et al.*, 2014).

4.3 Οστικός μεταβολισμός

Τα ξερά δαμάσκηνα περιέχουν πολλά συστατικά που πιθανότατα συμβάλλουν στην βελτίωση της σκελετικής υγείας και δρουν συνεργιστικά, όπως ο χαλκός, το βόριο και η βιταμίνη K1. Η βιταμίνη K συμβάλλει στη μεταλλοποίηση των οστών, καθώς αποτελεί συμπαράγοντα στην γ-καρβοξυλίωση της οστεοκαλσίνης, η οποία ρυθμίζει την ανάπτυξη των κρυστάλλων του υδρόξυαπατίτη στα οστά (Zittermann, *et al.*, 2001). Με τη σειρά του το βόριο μειώνει την απέκκριση του ασβεστίου και του μαγνησίου από τα ούρα και αυξάνει τα επίπεδα οιστραδιόλης στις μεταεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Devirian & Volpe, 2003).

Πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί σε επίπεδο πειραματόζωων και όλες συμφωνούν στο ότι τα ξερά δαμάσκηνα βοηθάνε στην πρόληψη της απώλειας οστικής μάζας (Hooshmand, & Arjmandi, 2009). Ένα καλό μοντέλο πειραματόζωων που προσομοιάζεται με τις μεταεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, είναι οι θηλυκοί αρουραίοι που έχουν υποστεί αφαίρεση ωοθηκών με αποτέλεσμα να επιταχύνεται η απώλεια της οστικής τους μάζας, όπως γίνεται και μετά την εμμηνόπαυση στις γυναίκες. Οι Arjmandi *et al.* (2001) χορήγησαν σε θηλυκούς αρουραίους αμέσως μετά την αφαίρεση των

ωοθηκών, διαίτα η οποία περιείχε 25% σκόνη ξηρών δαμάσκηνων. Με αυτό τον τρόπο υπήρξε πρόληψη της μείωσης στην οστική πυκνότητα του οσφυϊκού σπονδύλου και του μηριαίου οστού. Μετέπειτα έρευνα μελέτησε την επίδραση των ξερών δαμάσκηνων σε αρουραίους με προϋπάρχουσα οστική απώλεια. Συγκεκριμένα η μελέτη διεξήχθη 40 μέρες μετά την αφαίρεση ωοθηκών από τους θηλυκούς αρουραίους και τους χορήγησαν μια αγωγή 60 ημερών με διαίτα που περιείχε σκόνη ξηρών δαμάσκηνων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου, στους αρουραίους που κατανάλωναν διαίτα που περιείχε 5% από τη σκόνη αποκαταστάθηκε η οστική πυκνότητα του μηρού και της κνήμης, ενώ στους αρουραίους που κατανάλωναν διαίτα που περιείχε 25% από τη σκόνη, η οστική πυκνότητα του οσφυϊκού σπονδύλου βελτιώθηκε (Deyhim *et al.*, 2005).

Όσον αφορά τους ηλικιωμένους άνδρες, ευνουχισμένοι αρουραίοι αποτέλεσαν το μοντέλο για να μελετηθεί η επίδραση των ξερών δαμάσκηνων στην πρόοδο της οστεοπόρωσης. Οι άνδρες εμφανίζουν οστεοπόρωση αλλά με χαμηλότερο ρυθμό από τις μεταεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Επομένως, ευνουχισμένοι αρουραίοι κατανάλωναν επί 90 ημέρες 3 είδη διαιτών με συμπλήρωμα σκόνης ξερών δαμάσκηνων (διαίτα με 5%, 15% και 25% σκόνη ξερών δαμάσκηνων). Μετά το τέλος της παρέμβασης, μέσω της μεθόδου DXA φάνηκε ότι η διαίτα με 15% και 25% σκόνη ξερών δαμάσκηνων απέτρεψε την μείωση της οστικής πυκνότητας όλου του σκελετού. Η διαίτα με 15% σκόνη ήταν αποτελεσματική για την οστική πυκνότητα του οσφυϊκού σπονδύλου και του μηριαίου οστού (Franklin *et al.*, 2006).

Σε επίπεδο ερευνών σε ανθρώπους, μελέτες έχουν γίνει από μια συγκεκριμένη ομάδα ερευνητών. Σύμφωνα με τον Arjmandi *et al.* (2002) η χορήγηση 100g ξερών δαμάσκηνων την ημέρα σε μεταεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, για 90 μέρες, οδήγησε στην αύξηση (στατιστικά σημαντική) του αυξητικού παράγοντα I της ινσουλίνης (IGF-I), καθώς αυξήθηκε και η αλκαλική φωσφατάση (AP) και η δραστηριότητα της ειδικής για τα οστά AP. Η ομάδα ελέγχου κατανάλωνε 75g ξερού μήλου την ημέρα, και φάνηκε να αυξάνονται σημαντικά τα επίπεδα AP στον ορό, ενώ η δραστηριότητα της ειδικής για τα οστά AP αυξήθηκε χωρίς στατιστική σημαντικότητα. Η ίδια ομάδα, λίγο καιρό μετά, πραγματοποίησε την ίδια έρευνα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (1 χρόνο). Οι μεταεμμηνοπαυσιακές γυναίκες χωρίστηκαν σε 2 γκρουπ. Το ένα κατανάλωνε ξερά δαμάσκηνα και το άλλο ξερά μήλα. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι διατηρήθηκε μέσα σε ένα χρόνο η οστική πυκνότητα και η περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα τόσο στην ωλένη όσο και στην σπονδυλική στήλη, σε σημαντικά καλύτερο βαθμό στην ομάδα που κατανάλωνε ξερά δαμάσκηνα, συγκριτικά με την ομάδα που κατανάλωνε ξερά μήλα. Αυτό το αποτέλεσμα πιθανότατα να οφείλεται εν μέρη στην

καταστολή του οστικού μεταβολισμού λόγω σημαντικής μείωσης στα επίπεδα της ανθεκτική σε τρυγικό οξύ φωσφατάσης (πρόκειται για την όξινη φωσφατάση που παράγεται από τους οστεοκλάστες, δηλαδή τα κύτταρα που καταστρέφουν μικρές ποσότητες οστών, κατά την διάρκεια της οστικής απορρόφησης) μετά από 3 μήνες και των επιπέδων της ειδικής για τα οστά AP μετά από 12 μήνες κατανάλωσης ξερών δαμάσκηνων. Όσον αφορά την ομάδα που κατανάλωνε ξερά δαμάσκηνα εμφάνισε αύξηση μόνο στα επίπεδα οστεοκαλσίνης στον ορό (Arjmandi *et al.*, 2007).

4.4 Διαβήτης και αθηροσκλήρωση

Η κατανάλωση ξερών φρούτων έχει συσχετιστεί με μειωμένα ποσοστά κεντρικού τύπου παχυσαρκίας και μειωμένο κίνδυνο για υπέρβαρο και παχύσαρκο στους ενήλικες, που αποτελούν παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση σακχαρώδους διαβήτη και αθηροσκλήρωσης (Keast & Jones, 2009). Όσον αφορά τα ξερά δαμάσκηνα στη συνέχεια παρουσιάζονται μελέτες σε πειραματόζωα και ανθρώπους που δείχνουν κάποιες ευεργετικές ιδιότητες σχετικά με την αθηρωμάτωση και τον σακχαρώδη διαβήτη.

Σχετικά με την επίδραση των ξερών δαμάσκηνων στην αθηρωμάτωση, μελέτες έχουν γίνει σε επίπεδο πειραματόζωων. Συγκεκριμένα οι Negishi *et al.* (2007) μελέτησαν την προσθήκη εκχυλίσματος ξηρών δαμάσκηνων (25% της δίαιτας) για 5 εβδομάδες, σε δίαιτα υπερτασικών αρουραίων, η οποία μείωσε σημαντικά την αρτηριακή πίεση, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου που ακολουθούσε τυπική δίαιτα. Ακόμη απομόνωσαν κύτταρα λυού μυός από την αορτή αυτών των αρουραίων και τα επώασαν με καφεϊκό οξύ και τα διεγείραν με αγγειοτενσίνη II. Το περιεχόμενο υπεροξειδίου αυτών των κυττάρων μειώθηκε στα φυσιολογικά επίπεδα. Σε μεταγενέστερη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ποντίκια που είχαν έλλειψη απολιποπρωτεΐνης E, και τους χορηγήθηκε δίαιτα πλούσια σε χοληστερόλη και κορεσμένα λιπαρά με σκοπό να αναπτύξουν αθηρωμάτωση. Στη συνέχεια, αφού αναπτύχθηκε η αθηρωμάτωση, χωρίστηκαν σε 3 ομάδες, όπου η μία τρεφόταν με μια τυπική δίαιτα, η δεύτερη με δίαιτα που περιείχε 0,15% χοληστερόλη και η τρίτη ομάδα με μια δίαιτα που περιείχε 0,15% χοληστερόλη και 4,75% ή 9,5% σκόνη από ξερά δαμάσκηνα. Μεταξύ των διαιτών που περιείχαν χοληστερόλη, δεν υπήρξε διαφορά στα επίπεδα χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων πλάσματος. Ωστόσο η δίαιτα που περιείχε 0,15% χοληστερόλη και 4,75% σκόνη ξερών δαμάσκηνων φάνηκε να έχει σημαντικά λιγότερες αθηρωματικές πλάκες στο αορτικό τόξο και στα αρτηριακά δέντρα. Επιπλέον στη δίαιτα με 0,15% χοληστερόλη, αυξήθηκε το P αμυλοειδές του ορού (SAP) (δείκτης φλεγμονής στα ποντίκια), ενώ η επίδραση της χοληστερόλης στο SAP εξαφανίστηκε στην περίπτωση της δίαιτας που περιείχε σκόνη ξηρού δαμάσκηνου. Όσον

αφορά τη δίαιτα με την 9,5% περιεκτικότητα σε σκόνη, δεν έδειξε να έχει διαφορές με τη δίαιτα που περιείχε 4.75% σκόνη ξηρού δαμάσκηνου (Gallaher & Gallaher, 2009).

Αναφορικά με το σημαντικότερο φαινολικό συστατικό των ξερών δαμάσκηνων, το χλωρογενικό οξύ, φαίνεται σε μελέτες με παχύσαρκους αρουραίους με υπερλιπιδαιμία και ινσουλινοαντίσταση να μειώνει τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων και χοληστερόλης, μετά από ενδοφλέβια έγχυσή του (Rodriguez de Sotillo *et al.*, 2002).

Επιπρόσθετα, έχει μελετηθεί η επίδραση των ξερών δαμάσκηνων στο αίσθημα του κορεσμού, στους ανθρώπους. Αναλυτικότερα, πραγματοποιήθηκε έρευνα σε συνθήκες εργαστηρίου από τους Farajian *et al.* (2010), οι οποίοι μελέτησαν 45 υγιείς ενήλικες κανονικού βάρους. Συγκεκριμένα, τα άτομα αυτά κατανάλωσαν ένα συγκεκριμένο πρωινό και στη συνέχεια (2 ώρες αργότερα) τους δόθηκε ένα σνακ που περιείχε ψωμί, τυρί και 5 ξερά δαμάσκηνα. Τρεις ώρες μετά τα άτομα κατανάλωσαν μεσημεριανό και επιδόρπιο, *ad libitum*. Το ίδιο πρωτόκολλο επαναλήφθηκε με τη διαφορά ότι στο ενδιάμεσο σνακ μεταξύ πρωινού και μεσημεριανού κατανάλωσαν μόνο ψωμί και τυρί, ενώ το σνακ είχε ίσες θερμίδες με το σνακ της πρώτης πειραματικής διαδικασίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα άτομα που κατανάλωσαν ξερά δαμάσκηνα στο σνακ τους, είχαν σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση θερμίδων στο μεσημεριανό και στο επιδόρπιο, ενώ είχαν αυξημένο το αίσθημα κορεσμού τους μεταξύ του σνακ και του μεσημεριανού. Στην έρευνα των Howarth *et al.*, 2010 που αναφέρθηκε στην ενότητα της δυσκοιλιότητας, οι ερευνητές παρατήρησαν ότι κατά την κατανάλωση ξερών δαμάσκηνων τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων ήταν σημαντικά χαμηλότερα συγκριτικά με τα επίπεδα που παρατηρήθηκαν όταν καταναλώνονταν επί 2 εβδομάδες μπισκότα χαμηλών λιπαρών. Η ίδια ομάδα ερευνητών χορήγησε σε 19 γυναίκες σε κατάσταση νηστείας και 2 ώρες πριν το γεύμα, είτε ξερά δαμάσκηνα είτε μπισκότα χαμηλών λιπαρών είτε ψωμί είτε νερό (σε 4 διαφορετικές ημέρες). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση της ινσουλίνης και της γλυκόζης πλάσματος μετά την κατανάλωση των ξερών δαμάσκηνων ήταν μικρότερη συγκριτικά με την αύξηση που προκαλούν τα μπισκότα χαμηλών λιπαρών, ενώ το αίσθημα του κορεσμού ήταν μεγαλύτερο μετά την κατανάλωση ξερών δαμάσκηνων (Furchner-Evanson *et al.*, 2010).

Παρατηρείται λοιπόν, ότι η κατανάλωση ξερών δαμάσκηνων αυξάνει το αίσθημα του κορεσμού, ενώ παράλληλα δεν αυξάνει σε μεγάλο βαθμό την ινσουλίνη πλάσματος συγκριτικά με σνακ όπως είναι τα μπισκότα χαμηλών λιπαρών.

4.5 Αντικαρκινική δράση

Τα αποξηραμένα δαμάσκηνα πιθανόν να έχουν άμεση επίδραση στο γαστρεντερικό σωλήνα καθώς τα κύτταρα του συστήματος αυτού έρχονται σε άμεση επαφή με όλα τα συστατικά των τροφίμων, διαλυτά και αδιάλυτα, απορροφήσιμα ή μη, καθώς και με τους μεταβολίτες των άπεπτων συστατικών που μεταβολίζονται από τη μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου.

Ως παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση καρκίνου του παχέος εντέρου και του ορθού αποτελούν το μικρό βάρος των κοπράνων και ο μεγάλος χρόνος διέλευσης αυτών από το παχύ έντερο (Cummings *et al.*, 1992). Τα αποξηραμένα δαμάσκηνα λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες και σορβιτόλη, πιθανότατα βοηθάνε στην πρόληψη του καρκίνου του παχέος εντέρου καθώς μειώνουν το χρόνο διέλευσης των κοπράνων από αυτό και μειώνουν την συγκέντρωση των χολικών οξέων στα κόπρανα, αυξάνοντας το μέγεθός τους. Επιπλέον η υψηλή περιεκτικότητά τους σε φαινολικά συστατικά που δρουν ως αντιοξειδωτικά, προλαμβάνουν την εμφάνιση βλαβών στο DNA των κυττάρων του κόλον. Ακόμη η δέσμευση των χολικών αλάτων από τις φυτικές ίνες του δαμάσκηνου στον εντερικό αυλό μειώνει τη χοληστερόλη πλάσματος (Kahlon & Smith, 2007).

Οι Yang και Gallaher (2005) πραγματοποίησαν μελέτη σε αρουραίους τους οποίους χώρισαν σε 4 ομάδες με βάση τη δίαιτα που τους χορηγήθηκε (βασική δίαιτα, δίαιτα που περιείχε 4,75% σκόνη από ξερά δαμάσκηνα, δίαιτα που περιείχε 9,5% σκόνη από ξερά δαμάσκηνα και τροποποιημένη δίαιτα στην οποία είχε προστεθεί πηκτίνη, φρουκτόζη και γλυκόζη). Μετά από 10 μέρες παρέμβασης εμβολίασαν τους αρουραίους με αζοξυμεθάνιο (2 εμβολιασμοί, με απόσταση 1 εβδομάδας) που προκαλεί καρκινογένεση και διεγείρει το σχηματισμό προ-καρκινικών βλαβών, στο παχύ έντερο και έπειτα συνεχίστηκε η χορήγηση των εκάστοτε διατροφών για διάστημα 9 εβδομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχαν διαφορές μεταξύ των 4 ομάδων σχετικά με τα χολικά αλάτα στα κόπρανα. Η ομάδα που κατανάλωνε τη δίαιτα με 4,75% σκόνη από ξερά δαμάσκηνα είχε σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση δεοξυχολικού οξέος, υοδεοξυχολικού οξέος και ολικών χολικών οξέων, καθώς επίσης εμφάνισαν μια τάση για χαμηλότερη συγκέντρωση χολικών οξέων, λιθοχολικών και υοδεοξυχολικού οξέος συγκριτικά με την ομάδα που κατανάλωνε την βασική δίαιτα. Μεταξύ της ομάδας με τη βασική δίαιτα και την τροποποιημένη δίαιτα, δεν υπήρχαν διαφορές στη συγκέντρωση χολικών οξέων. Ακόμη στις δίαιτες που περιείχαν σκόνη από ξερά δαμάσκηνα παρατηρήθηκε μικρή παραγωγή της 7α-δευδροξυλάση, ένα ένζυμο που παράγεται από τα βακτήρια του παχέος εντέρου και καταλύει τον σχηματισμό των δευτερογενών χολικών οξέων από βασικά χολικά οξέα (δεοξυχολικό και λιθοχολικό οξύ). Επιπλέον παρατήρησαν μείωση στην

δραστηριότητα του ενζύμου β-γλυκουρονιδάση στην ομάδα που καταναλάωne δίαιτα με 9,5% σκόνη ξερών δαμάσκηνων, συγκριτικά με την βασική δίαιτα.

Σε μελέτη που έγινε σε ανθρώπινες κυτταρικές σειρές φάνηκε ότι εκχύλισμα από συμπυκνωμένο χυμό δαμάσκηνου (125 και 250 $\mu\text{g/mL}$) μείωσε το χρόνο ζωής της κυτταρικής σειράς αδενοκαρκινώματος του παχέος εντέρου (Caco-2) και των κυττάρων με καρκίνωμα του στομάχου (KATO III), αλλά όχι το χρόνο ζωής των φυσιολογικών ινοβλαστών του παχέος εντέρου (Fujii *et al.*, 2006). Ο Olsson και οι συνεργάτες τους (2004) παρατήρησαν ότι εκχύλισμα χλωρογενικού οξέος συγκέντρωσης 354 $\mu\text{g/mL}$ δεν είχε καμία επίδραση στη βιωσιμότητα των κυττάρων Caco-2. Αντιθέτως εκχύλισμα φρέσκων δαμάσκηνων (*P. domestica*, cv Arbutnaja) σε συγκέντρωση 0,05-0,5% ανέστειλε τον πολλαπλασιασμό των ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του κόλον (HT29). Επιπλέον μελέτησαν την επίδραση αυτού του εκχυλίσματος πάνω σε κυτταρική σειρά από καρκινικά κύτταρα στήθους, που εξαρτώνται από τα οιστρογόνα (MCF-7) και είδαν παρόμοια αποτελέσματα με αυτά που παρατήρησαν στα κύτταρα του κόλον. Σε μια άλλη έρευνα μελετήθηκε η επίδραση εκχυλίσματος από δαμάσκηνα και από κλάσματα φαινολικών ενώσεων, στον πολλαπλασιασμό τόσο των καρκινικών κύτταρων του στήθους που εξαρτώνται από τα οιστρογόνα (MCF-710A) όσο και των καρκινικών κύτταρων που δεν εξαρτώνται από τα οιστρογόνα (MDA-MB-435) καθώς και η επίδραση στον πολλαπλασιασμό φυσιολογικών επιθηλιακών κυττάρων του στήθους (MCF-10A). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το εκχύλισμα των δαμάσκηνων ήταν πιο αποτελεσματικό στην καταστολή του πολλαπλασιασμού της κυτταρικής σειράς MDA-MB-435, ενώ η κυτταρική σειρά MCF-710A ήταν πιο ανθεκτική στη δράση του εκχυλίσματος. Όσον αφορά τα εκχυλίσματα που περιείχαν κλάσματα φαινολικών ενώσεων, πιο δραστικά στην καταστολή του πολλαπλασιασμού των προαναφερθέντων κυτταρικών σειρών ήταν τα κλάσματα των φλαβονολών (γλυκοζίτες και ρουτινοζίτης της κερκετίνης) και των προανθοκυανιδινών. Το εκχύλισμα από κλάσμα φαινολικών οξέων κατέστειλε τον πολλαπλασιασμό των φυσιολογικών επιθηλιακών κυττάρων MCF-10A, στο μικρότερο βαθμό συγκριτικά με τα υπόλοιπα εκχυλίσματα (Norrato *et al.*, 2009).

Συνοψίζοντας τα ξερά δαμάσκηνα φαίνεται να έχουν μια προστατευτική δράση έναντι διαφόρων μορφών καρκίνου λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε φυτικές ίνες και λόγω διαφόρων φυτοχημικών ουσιών όπως τα φαινολικά συστατικά που περιέχει.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά τα δαμάσκηνα φαίνεται να περιέχουν μια πληθώρα θρεπτικών συστατικών όπως υδατάνθρακες, φυτικές ίνες και φαινολικά συστατικά τα οποία τους προσδίδουν θεραπευτικές ιδιότητες και τα καθιστούν άξια επιστημονικής μελέτης. Ιδιαίτερη μελέτη έχει γίνει για τα αποξηραμένα δαμάσκηνα και τις ευεργετικές τους ιδιότητες έναντι στη δυσκοιλιότητα, στην αθηρωμάτωση, στην οστεοπόρωση και στον καρκίνο του παχέος εντέρου.

Από φυσικοχημικής απόψεως στην ξήρανση των φρούτων και κατ' επέκταση των δαμάσκηνων, μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε πως η θερμοκρασία και ο τρόπος ξήρανσης επηρεάζει τα θρεπτικά συστατικά που καθιστούν το δαμάσκηνο ευεργετικό. Συγκεκριμένα, γνωρίζοντας πως η θερμοκρασία ξήρανσης επηρεάζει τα επίπεδα των φαινολικών συστατικών θελήσαμε να μελετήσουμε τον τρόπο και το μέγεθος της επίδρασης αυτής στο τελικό προϊόν. Επιπλέον με βάση τη μελέτη θελήσαμε να καθορίσουμε τις βέλτιστες συνθήκες ξήρανσης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

6. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογηθεί η περιεκτικότητα των ελληνικών δαμάσκηνων σε φαινολικά συστατικά καθώς και η αντιοξειδωτική τους ικανότητα. Επίσης στόχος της είναι να εξεταστεί η σχέση της αντιοξειδωτικής δράσης και του φαινολικού περιεχομένου με τη θερμοκρασία ξήρανσης καθώς και να προσδιοριστούν οι βέλτιστες συνθήκες ξήρανσης.

7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

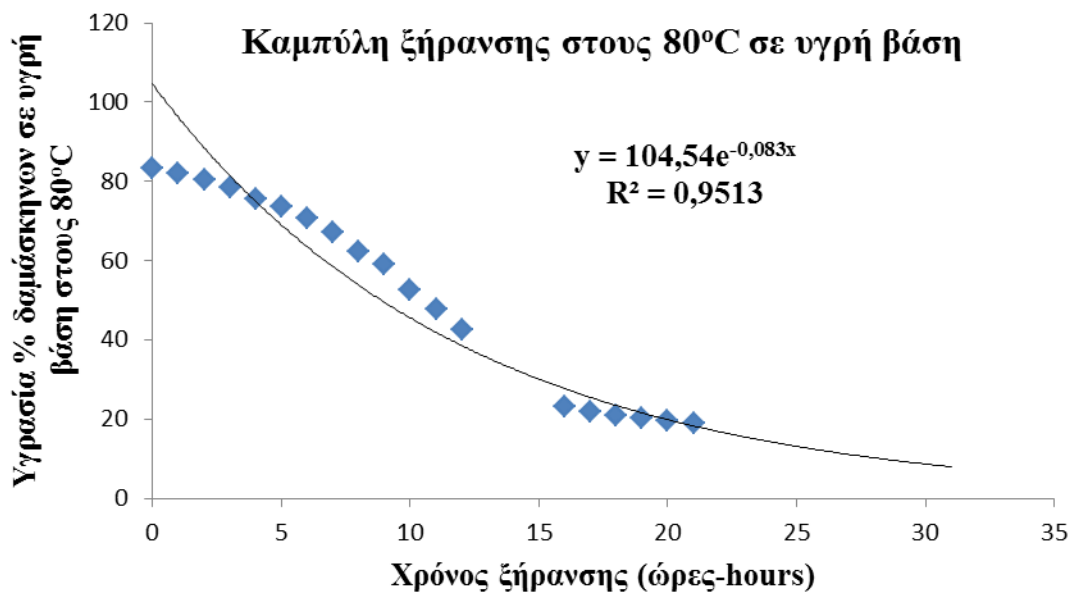
7.1 Ξήρανση

Υλικά:

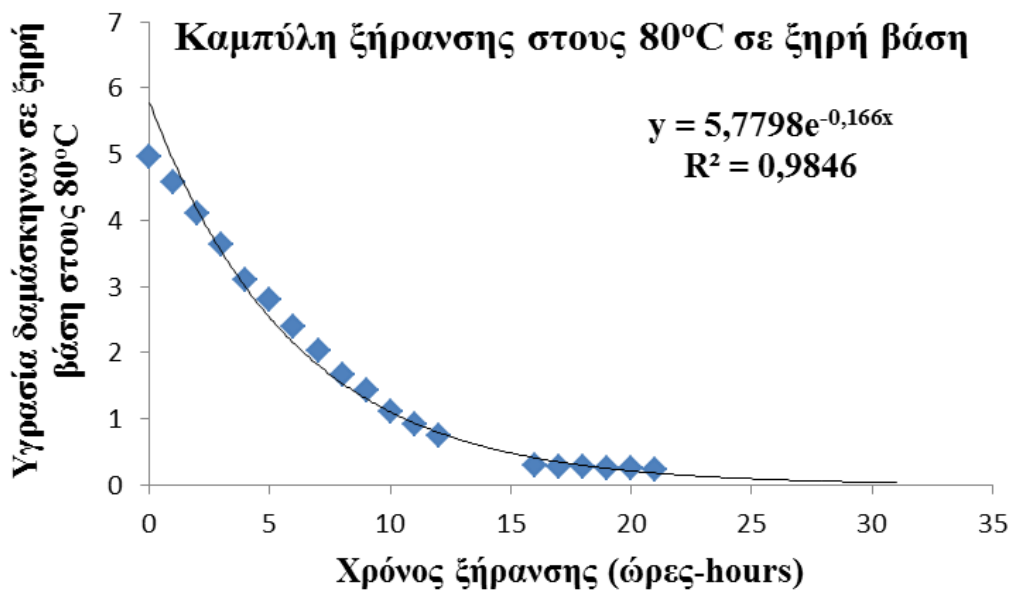
- Φούρνος θερμού αέρα (Raven Oven LTE SCIENTIFIC)
- Δαμάσκηνα
- Ζυγός ακριβείας 3 δεκαδικών ψηφίων
- Αντικολλητικό χαρτί

Κατά την περίοδο της συγκομιδής (Ιούλιο έως Σεπτέμβριο) του έτους 2014, αγοράστηκαν από την τοπική αγορά της Καλλιθέας, φρέσκα ελληνικά δαμάσκηνα της ποικιλίας Stanley (*Prunus domestica* cv Stanley).

Με βάση τη βιβλιογραφία, οι ιδανικές θερμοκρασίες ξήρανσης για τα δαμάσκηνα, χωρίς την προεργασία του καρπού είτε με κάποια φυσική είτε με κάποια χημική μέθοδο, είναι από τους 70 °C έως 90° C. Για να προσδιορίσουμε τους βέλτιστους χρόνους ξήρανσης γι' αυτές τις θερμοκρασίες στο συγκεκριμένο φούρνο αέρα του εργαστηρίου, κατασκευάσαμε την καμπύλη ξήρανσης των δαμάσκηνων σε θερμοκρασία 80°C. Πιο συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν 10 δαμάσκηνα στον φούρνο θερμού αέρα, αφού πρώτα είχαν ζυγιστεί σε ζυγό ακριβείας 3 δεκαδικών ψηφίων, και παρακολουθήθηκαν για 21 ώρες όπου μειώθηκε σημαντικά ο ρυθμός απώλειας μάζας και σταθεροποιήθηκε η μάζα τους. Ανά 1 ώρα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της μάζας των 10 δαμάσκηνων και επανατοποθέτησή τους εντός του φούρνου για τη συνέχιση της ξήρανσης. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε η καμπύλη ξήρανσης των δαμάσκηνων στους 80° C.



Σχήμα 2. Καμπύλη ξήρανσης στους 80°C σε υγρή βάση



Σχήμα 3. Καμπύλη ξήρανσης στους 80°C σε ξηρή βάση

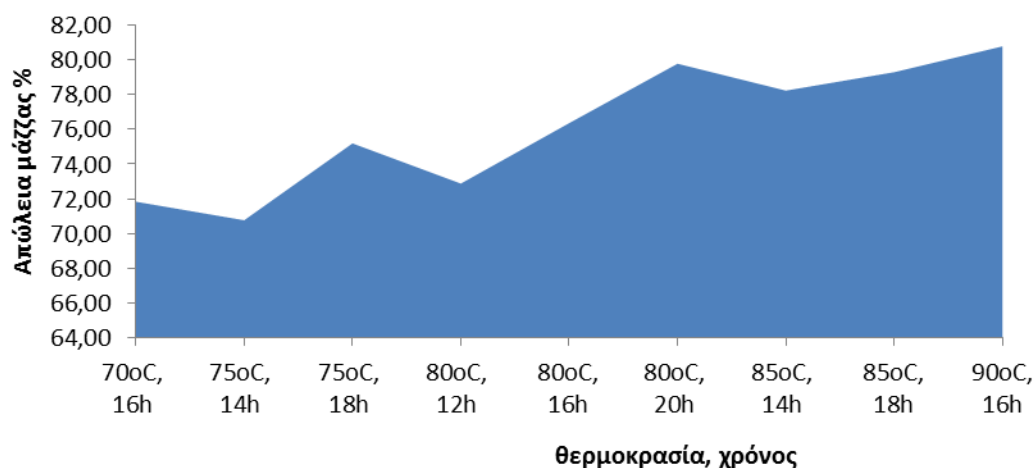
Παρατηρείτε ότι στους 80°C, με βάση την καμπύλη ξήρανσης, η επιθυμητή υγρασία που θέλουμε να έχουν τα ξηρά δαμάσκηνα (μεταξύ 20–24% σε υγρή βάση) (Sabarez & Price, 1999) επιτυγχάνεται μεταξύ της 15^{ης} και της 20^{ης} ώρας ξήρανσης. Επομένως, στηριζόμενοι σε αυτά τα αποτελέσματα, καθώς και στις βέλτιστες θερμοκρασίες που προτείνει η βιβλιογραφία για τη

ξήρανσης των δαμάσκηνων, καθορίσαμε 9 δοκιμές ξήρανσης με διάφορους συνδυασμούς των δυο παραμέτρων (χρόνος και θερμοκρασία) με τη βοήθεια στατιστικού προγράμματος βελτιστοποίησης (Πίνακας 10).

Πίνακας 10. Πειραματικές συνθήκες ξήρανσης

Θερμοκρασία ξήρανσης (θ° C)	Χρόνος ξήρανσης (ώρες)
70	16
75	14
75	18
80	12
80	16
80	20
85	14
85	18
90	16

Σε κάθε δοκιμασία ξήρανσης χρησιμοποιήθηκαν 20 δαμάσκηνα τα οποία ζυγίστηκαν πριν και μετά το πέρας της διαδικασίας ξήρανσης. Με αυτό τον τρόπο υπολογίστηκε η απώλεια μάζας (υγρασίας) που συμβαίνει κατά την ξήρανση (Σχήμα 4). Ιδανικά θέλουμε η απώλεια νερού να προσεγγίζει το 75%, ενώ η ιδανική τελική υγρασία του ξηρού δαμάσκηνου είναι περίπου στο 20-25% σε υγρή βάση.



Σχήμα 4. Απώλεια μάζας μετά το πέρας κάθε δοκιμασίας ξήρανσης

Μετά το τέλος κάθε δοκιμασίας ξήρανσης, τα δείγματα αποθηκεύονταν στους -40°C για να διατηρηθεί το φαινολικό τους περιεχόμενο μέχρι να πραγματοποιηθούν οι ανάλογες χημικές αναλύσεις και μετρήσεις.

Παράλληλα, θέλοντας να μελετήσουμε το φαινολικό περιεχόμενο και την αντιοξειδωτική ικανότητα του φρέσκου δαμάσκηνου πραγματοποιήθηκε λυοφιλίωση του προϊόντος ώστε να αφαιρεθεί το νερό το οποίο είναι δύσκολο να απομακρυνθεί από το τελικό εκχύλισμα, και στην συνέχεια ακολούθησε εκχύλιση και παραλαβή των φαινολικών συστατικών.

7.2 Λυοφιλίωση φρέσκων δαμάσκηων

Υλικά – Όργανα:

- 10 πλαστικά δοχεία αποστειρωμένα
- 10 δαμάσκηνα τεμαχισμένα στη μέση
- Συσκευή Λυοφιλίωσης (Telstar Cryodos, Terrassa, Spain)
- Ζυγός ακριβείας 3 δεκαδικών ψηφίων (OHAUS)

Τα πλαστικά δοχεία αριθμήθηκαν και ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας 3 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια τα δαμάσκηνα τεμαχίστηκαν στη μέση (ώστε να μην οξειδωθεί μεγάλο μέρος του και παράλληλα να χωράνε στο πλαστικό δοχείο), τους αφαιρέθηκε το κουκούτσι και ζυγίστηκαν. Τοποθετήθηκαν μέσα σε πλαστικά δοχεία και καταψύχθηκαν για 24 ώρες στους -40°C . Την επόμενη μέρα, τοποθετήθηκαν τα δοχεία στη συσκευή λυοφιλίωσης, όπου απομακρύνθηκε το νερό των δαμάσκηων με την πάροδο τουλάχιστον 2 ημερών.

7.3 Μέτρηση Υγρασίας και ενεργότητας νερού (A_w)

Υλικά-Όργανα:

- Φούρνος θερμού αέρα (Raven Oven LTE SCIENTIFIC)
- Δείγματα Δ1-Δ9
- Ζυγός ακριβείας 3 δεκαδικών ψηφίων (OHAUS)
- Αντικολλητικό χαρτί
- Συσκευή μέτρησης ενεργότητας νερού (A_w) (Rotronic – Measurement tations HC2- A_w)

Όσον αφορά το φρέσκο προϊόν που λυοφιλιώθηκε, υπολογίζουμε την αρχική του υγρασία ζυγίζοντας τα 10 δαμάσκηνα πριν και μετά την ολοκλήρωση της λυοφιλίωσης. Η διαφορά μάζας αποτελεί το αρχικό νερό του προϊόντος, καθώς με τη λυοφιλίωση γίνεται πλήρη αφυδάτωση του δαμάσκηνου.

Η μέτρηση της τελικής υγρασίας των δειγμάτων που προέκυψαν από τις δοκιμές ξήρανσης, πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία 105° C για 24 ώρες σε φούρνο θερμού αέρα (Karathanos, 1998). Αρχικά ζυγίστηκαν 3 δαμάσκηνα από κάθε δείγμα (για να έχουμε επαναληψιμότητα των δειγμάτων) και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο φούρνο. Μετά από 24 ώρες μετρήθηκε η τελική τους μάζα. Η διαφορά μάζας (πριν και μετά την παραμονή για 24 ώρες στους 105° C) είναι η ποσότητα νερού που περιείχε το τελικό προϊόν μετά την ξήρανση. Το ποσοστό υγρασίας υπολογίστηκε ως εξής:

$m_{\text{τελικό}} = \text{μάζα δείγματος μετά το πέρας των 24 ωρών στους } 105^{\circ} \text{ C}$

$m_{\text{αρχικό}} = \text{μάζα αρχικού δείγματος (πριν τη διαδικασία μέτρησης της υγρασίας)}$

$m_{\text{τελικό}} - m_{\text{αρχικό}} = \text{νερό αρχικού προϊόντος}$

Υγρασία σε υγρή βάση % = $(\text{νερό αρχικού προϊόντος} / m_{\text{αρχικό}}) * 100$

Η ενεργότητα ύδατος (a_w) ορίζεται ως το κλάσμα της μερικής τάσης ατμών του νερού του τροφίμου προς της μερική τάση ατμών του απιονισμένου νερού στην ίδια θερμοκρασία. Αντιπροσωπεύει το μη δεσμευμένο στα μόρια του τροφίμου νερού. Το επίπεδο του μη δεσμευμένου νερού σχετίζεται με τη χημική, μικροβιακή και ενζυμική σταθερότητα των τροφίμων και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη συντήρηση συγκεκριμένων κατηγοριών τροφίμων (Adams & Moss, 2008). Η μέτρηση της ενεργότητας νερού (A_w) έγινε με ειδική συσκευή μέτρησης στην οποία τοποθετείται μια μικρή ποσότητα του δείγματος και μέσα σε διάρκεια 10 λεπτών υπολογίζεται αυτόματα η ενεργότητα του προϊόντος.

7.4 Εκχυλίσσεις

Υλικά – Όργανα:

- Γουδί, γουδοχέρι
- Σπάτουλα
- Ζυγός ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων (OHAUS ANALYTICAL STANDARD)
- Δοκιμαστικοί σωλήνες των 10mL με μπλε βιδωτό πώμα
- Δοκιμαστικοί σωλήνες 20mL με μπλε βιδωτό πώμα
- Σιφόνιο 10 mL
- Πουάρ πλήρωσης πιπετών
- Vortex (VELP Scientifica)
- Συσκευή υπερήχων (S₆₀ Elmasonic, ELMA)
- Αυτόματη πιπέτα 100-1000 μ L (Eppendorf reference)
- Tips μπλε
- Πιπέτες pasteur
- Φυγόκεντρος (HERMLE Z 320)
- Rotary evaporator (Heidolph Laborota 4000 efficient)
- Σφαιρικές φιάλες για rotary evaporator
- Speed vac (Centrivaq concentrator speed vacuum LABCONCO)
- Vials - πώματα για vials
- Μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας (MERCK and SYGMA brand. 2,5 L volume)
- HCl (Hydrochloric acid pro analysis 37%. MERCK brand. 2,5 L volume)
- Απιονισμένο νερό

Για την παραλαβή των φαινολικών συστατικών από τα δαμάσκηνα, πραγματοποιήθηκαν εκχυλίσσεις και στα 10 δείγματα (φρέσκο και τελικά προϊόντα από τις δοκιμές ξήρανσης). Οι εκχυλίσσεις πραγματοποιήθηκαν με διαλύτη CH₃OH/ HCl 0,1%.

1. Αρχικά αφαιρέθηκε από κάθε δείγμα (Δ 1- Δ 10) το κουκούτσι και στη συνέχεια ομογενοποιήθηκε σε καθαρό γουδί με γουδοχέρι.

2. Ζυγίστηκε 1,5g του δείγματος σε ζυγαριά (με ακρίβεια 4 δεκαδικών ψηφίων) και τοποθετήθηκε σε 1 δοκιμαστικό σωλήνα 10 mL. Για κάθε ένα από τα δείγματα Δ1-Δ10 είχαμε μια τριπλέτα επαναλήψεων για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων.
3. Στη συνέχεια στο δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν 5 mL διαλύματος $\text{CH}_3\text{OH}/\text{HCl}$ 0,1% και τοποθετήθηκε στη συσκευή υπερήχων για 5 λεπτά ενώ ακολούθησε ανάδευση σε vortex για λίγα δευτερόλεπτα.
4. Το δείγμα έμεινε για 2 ώρες στο σκοτάδι ώστε να πραγματοποιηθεί η εκχύλιση των φαινολικών συστατικών
5. Έπειτα φυγοκεντρήθηκε για 5 λεπτά στις 2100 στροφές (rpm).
6. Το υπερκείμενο μεταφέρθηκε με αυτόματη πιπέτα στον δοκιμαστικό σωλήνα των 20mL.
7. Στο ίζημα προστέθηκαν άλλα 5 mL διαλύματος $\text{CH}_3\text{OH}/\text{HCl}$ 0,1% και ακολούθησε ανάδευση σε vortex για λίγα δευτερόλεπτα και φυγοκέντρωση για 5 λεπτά στις 2100 στροφές (rpm) (παραλείποντας την 2ωρη αναμονή στο σκοτάδι). Το υπερκείμενο μεταφέρθηκε και προστέθηκε στον δοκιμαστικό σωλήνα των 20mL. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε άλλες 2 φορές.
8. Ακολούθησε εξάτμιση του εκχυλίσματος στο rotary evaporator (38°C, 30/40 στροφές rpm) μέχρι τελικού όγκου 1 mL.
9. Η μεταφορά του 1 mL εκχυλίσματος έγινε με 9 mL CH_3OH σε δοκιμαστικό σωλήνα 10 mL με πιπέτα Pasteur
10. Ακόμη, το εκχύλισμα ξαναεξατμίστηκε στο speedvac μέχρι τελικού όγκου 2 mL.
11. Από τα 2 mL εκχυλίσματος, το 1 mL μεταφέρεται σε vials για ανάλυση HPLC και το άλλο 1 mL αραιώνεται με 3 mL CH_3OH μέχρι τελικό όγκο 4 mL και αποθηκεύεται στην κατάψυξη σε θερμοκρασία -40°C για περαιτέρω αναλύσεις.

7.5 Προσδιορισμός της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με την μέθοδο δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας DPPH (AAR)

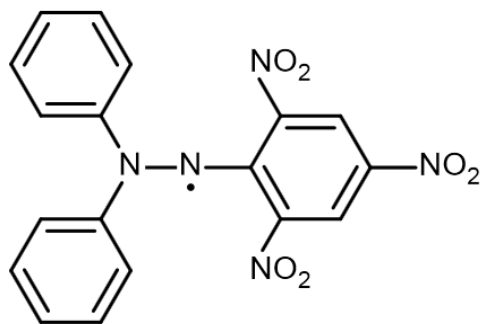
Υλικά – Όργανα:

- Διάλυμα 2,2-Διφαινύλο-1-πικρυλο-υδραζύλο ελεύθερη ρίζα (DPPH) (100 μM σε μεθανόλη)
- Μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας (MERCK and SYGMA brand. 2,5 L volume)
- Eppendorf σωλήνες (1,5 mL)
- Ζυγός ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων (OHAUS ANALYTICAL STANDARD)

- Αυτόματη πιπέτα (100-1000 μL) και (10-100 μL)
- Tips κίτρινα και μπλε
- Ογκομετρικές φιάλες όγκου 100 mL
- Trolox (ισοδύναμο βιταμίνης E)
- Διάλυμα Trolox μητρικό 1,6 mM σε μεθανόλη
- Φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης (SPEKORD 200-ANALYTICALJENA)
- Συσκευή ανάγνωσης ELISA (POWER WAVE X52, BIOTEK)

Αναλυτική πορεία:

Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας με την μέθοδο δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας DPPH πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πρωτόκολλο των Arpous *et al.*, (2002). Στη μέθοδο αυτή οι αντιοξειδωτικές ουσίες των δειγμάτων δεσμεύουν την ελεύθερη ρίζα DPPH. Όσο περισσότερες ελεύθερες ρίζες δεσμεύονται, δηλαδή αντιδρά μεγαλύτερο ποσοστό του αντιδραστηρίου με το δείγμα, το χρώμα του διαλύματος αλλάζει από μωβ σε κίτρινο.



Εικόνα 2. Η ρίζα του DPPH

Πριν την έναρξη της διαδικασίας, παρασκευάζεται διάλυμα DPPH σε MeOH (100 μM), ζυγίζοντας 0,0099 g σκόνης DPPH και διαλύοντάς τη σε 250 ml MeOH. Το διάλυμα χωρίζεται σε falcons των 50 mL και αποθηκεύεται στην κατάψυξη.

Σε Eppendorf σωλήνα των 1,5 mL προστίθενται 25 μL δείγματος ανάλογα διαλυμένου και 975 μL διαλύματος DPPH (100 μM σε μεθανόλη) και αναμειγνύονται. Κάθε τέτοιο μίγμα παρασκευάζεται 3 φορές για επανάληψη της φωτομέτρησης και εξαγωγή του μέσου όρου των μετρήσεων. Η απορρόφηση μετράται στην αρχή και μετά από 30 min στα 515 nm ως προς δείγμα ελέγχου. Ως δείγμα ελέγχου χρησιμοποιείται καθαρή μεθανόλη και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ισοδύναμα mM Trolox ανά

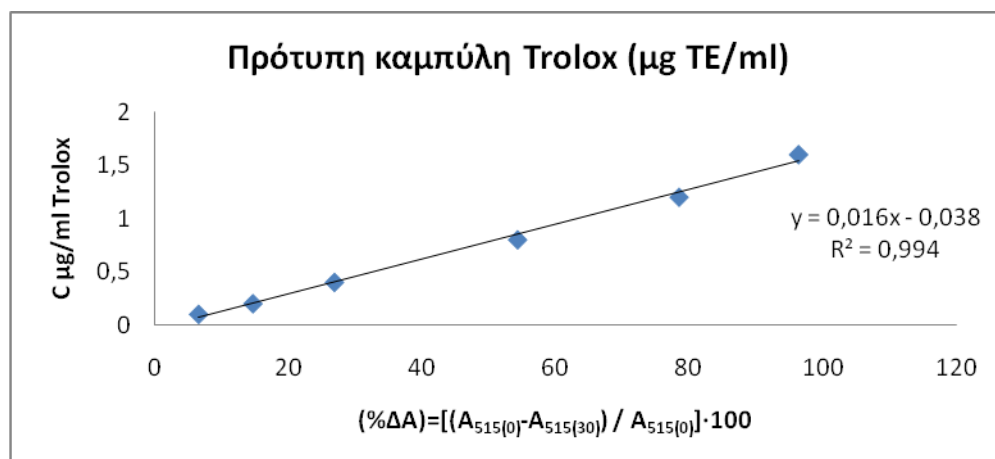
100g ξηρού βάρους. Οι τιμές της απορρόφησης των δειγμάτων προσαρμόζονται στον παρακάτω τύπο και προκύπτει η % μείωση των ριζών DPPH, δηλαδή το ποσοστό των ριζών που δεσμεύτηκαν (ανάλογο της Βιταμίνης E):

$$\% \Delta A_{515} = ((A_{515} \text{ DPPH} - A_{515} \text{ sample}) / A_{515} \text{ DPPH}) * 100$$

Για την αξιολόγηση των μετρήσεων της απορρόφησης κατασκευάζεται πρότυπη καμπύλη αναφοράς με Trolox (ανάλογο της Βιταμίνης E) και τα αποτελέσματα εκφράζονται ως ισοδύναμο Trolox.

7.5.1 Κατασκευή πρότυπης καμπύλης αναφοράς για τον προσδιορισμό συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας

Από μητρικό διάλυμα Trolox παρασκευάζεται, με αραιώση, διάλυμα εργασίας συγκέντρωσης 100 μΜ. Για το σκοπό αυτό ζυγίζεται ποσότητα Trolox (mg) στην οποία προστίθεται μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας σε αναλογία 1:2. Από το διάλυμα εργασίας παρασκευάζονται διαλύματα συγκέντρωσης 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 μg/ml. Οι μετρήσεις της απορρόφησης στα 515 nm χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πρότυπης καμπύλης $y = f(x)$, όπου x η μεταβολή της απορρόφησης στα 515nm $(\% \Delta A) = [(A_{515(0)} - A_{515(30)}) / A_{515(0)}] \cdot 100$ και y η συγκέντρωση Trolox σε mM.



Σχήμα 5. Πρότυπη καμπύλη αναφοράς για τον προσδιορισμό συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας

7.6 Προσδιορισμός του συνολικού φαινολικού (PP) περιεχομένου με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu

Υλικά-Όργανα:

- Αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu
- Κορεσμένο διάλυμα ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3 , 20% w/v)
- Μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας (MERCK and SIGMA brand. 2,5 L volume)
- Απιονισμένο νερό
- Γαλλικό οξύ (Gallic acid, GA) (Sigma Aldrich)
- Eppendorf φιαλίδια (1,5 mL)
- Δοκιμαστικοί σωλήνες
- Ζυγός ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων (OHAUS ANALYTICAL STANDARD)
- Αυτόματες πιπέτες (100-1000 μL) και (10-100 μL)
- Tips
- Elisa plates
- Ογκομετρικές φιάλες 100 mL
- Αναδευτήρας Vortex,
- Μεθανολικά εκχυλίσματα δειγμάτων
- Φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης (SPEKORD 200-ANALYTICALJENA)
- Συσκευή ανάγνωσης ELISA (POWER WAVE X52, BIOTEK)

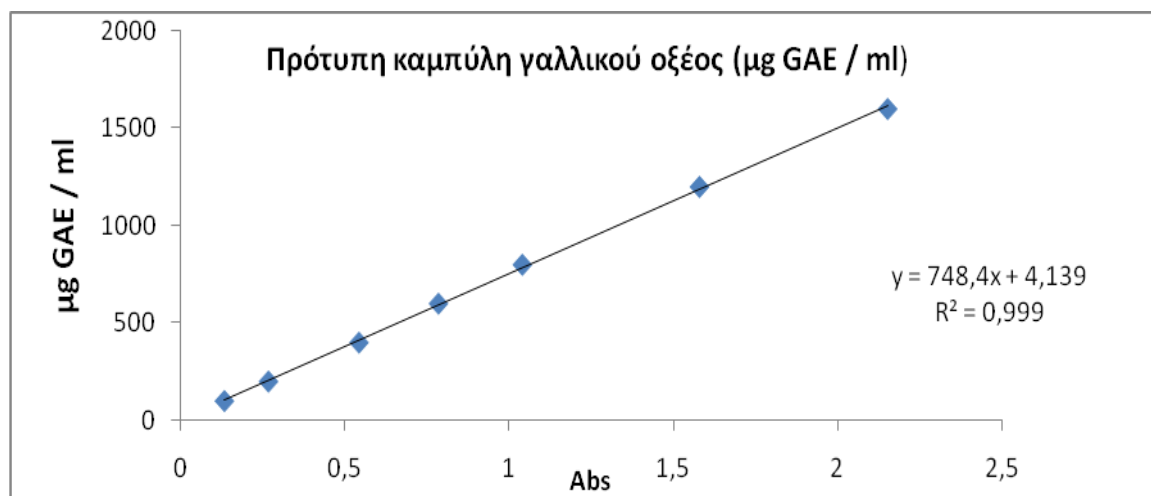
Αναλυτική πορεία:

Ο προσδιορισμός του συνολικού φαινολικού περιεχομένου πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πρωτόκολλο των Arnous *et al.*, (2002). Σε σωλήνες Eppendorf των 1,5 mL προστίθεται απιονισμένο νερό όγκου 790 μL κι έπειτα 10 μL διαλύματος πολυφαινολών (g/L) που έχουν παραληφθεί όπως περιγράφεται προηγουμένως. Στην συνέχεια προστίθεται 50 μL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu στο μίγμα. Το μίγμα αναδεύεται σε συσκευή vortex και αφήνεται για 1 min σε ηρεμία. Κατόπιν προστίθενται 150 μL κορεσμένου διαλύματος Na_2CO_3 . Το μίγμα ανακινείται ξανά και φυλάσσεται σε σκοτάδι για 120 min. Κάθε τέτοιο μίγμα παρασκευάζεται 3 φορές για επανάληψη της φωτομέτρησης και εξαγωγή του μέσου όρου των μετρήσεων. Το προϊόν της αντίδρασης

φωτομετρείται στα 750 nm ως προς δείγμα ελέγχου, ενώ κατασκευάζεται και πρότυπη καμπύλη αναφοράς με γαλλικό οξύ (GA). Δείγμα ελέγχου παρασκευάζεται αντικαθιστώντας το δείγμα με μεθανόλη.

7.6.1 Κατασκευή πρότυπης καμπύλης αναφοράς για τον προσδιορισμό συνολικού φαινολικού περιεχομένου

Από μητρικό διάλυμα γαλλικού οξέος παρασκευάζεται, με αραίωση, διάλυμα εργασίας (stock) συγκέντρωσης 1000 $\mu\text{g/mL}$ (1 mg/mL). Για το σκοπό αυτό ζυγίζεται ποσότητα GA (mg) στην οποία προστίθεται μεθανόλη αναλυτικής καθαρότητας (mL) σε αναλογία 1:1. Από το διάλυμα εργασίας παρασκευάζονται διαλύματα συγκέντρωσης 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 και 900 $\mu\text{g/mL}$. Ακολουθεί η αναλυτική πορεία που περιγράφηκε για τον προσδιορισμό του ολικού φαινολικού περιεχομένου. Οι μετρήσεις της απορρόφησης στα 750 nm χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης $y = f(x)$, όπου x η απορρόφηση (Abs) και y η συγκέντρωση του GA σε $\mu\text{g/mL}$.



Σχήμα 6. Πρότυπη καμπύλη αναφορά για τον προσδιορισμό συνολικού φαινολικού περιεχομένου

7.7 Υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC)

Υλικά-Όργανα:

- σύστημα HPLC (Agilent Technologies, model 1050, Waldbronn, Germany) αποτελούμενο από:
- αντλία, αυτόματου δειγματολήπτη,

- ανιχνευτή συστοιχίας διόδων (HP-1050),
- ανιχνευτή φθορισμού (HP-1046A)
- στήλη χρωματογραφίας Purosospher Star RP-18 endcapped (250*4,6, 5 μ m, Lichrocart) (Merck –Millipore, Darmstadt, Germany)
- λογισμικό ανάλυσης δεδομένων HPLC

Αναλυτική πορεία:

Για την ανάλυση των επιμέρους φαινολικών συστατικών έλαβε χώρα χρωματογραφία αναστρόφου φάσεως (RP-HPLC analysis) με χρήση ανιχνευτή υπεριώδους ακτινοβολίας (280 nm) και συστήματος 2 διαλυτών αποτελούμενο από: 1% v/v HCOOH και μεθανόλη. Η ανάλυση έγινε με ροή 0,8 mL/min και με βαθμιδωτή έκλουση (για το 1^ο λεπτό το ποσοστό της μεθανόλης ήταν 18%, ακολούθησε αύξηση του ποσοστού της στα 50% έως το 26^ο λεπτό, στα 90% έως το 33^ο λεπτό και στο 100% έως το 45^ο λεπτό, ενώ έως το 50^ο λεπτό επανήλθε το σύστημα στην αρχική του σύσταση (18% μεθανόλη). Μετά το τέλος της διαδικασίας, ακολούθησε εξισορρόπηση του συστήματος για 10 λεπτά. Ο όγκος του κάθε δείγματος που αναλύθηκε ήταν 10 μ L.

7.7.1 Κατασκευή προτύπων καμπυλών αναφοράς για τον προσδιορισμό των επιμέρους φαινολικών συστατικών

Για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των επιμέρους φαινολικών συστατικών, χρησιμοποιήθηκαν καμπύλες αναφοράς 4 προτύπων ουσιών που προέκυψαν από 6 διαφορετικές συγκεντρώσεις για την κάθε μια: γαλλικό οξύ, πρωτοκατεχικό οξύ, κατεχίνη και χλωρογενικό οξύ.

7.8 Στατιστική Ανάλυση

Μετά την ξήρανση και την πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων στα λυοφιλιωμένα και αποξηραμένα δαμάσκηνα σειρά είχε η ανάλυση των αποτελεσμάτων με το στατιστικό πρόγραμμα STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc. 2007) και το SPSS statistics 21.0 (ibm 2010). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήσαμε για να τα αναλύσουμε ήταν η περιγραφική στατιστική (descriptive statistics), η ανάλυση διασποράς με τη μεθοδολογία ANOVA, ο έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων με το κριτήριο Tukey και με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας το $p < 0.05$, υπολογισμό των συντελεστών συσχέτισης r του Pearson, η ανάλυση παραγόντων (factor analysis), η ανάλυση πρώτων

παραγόντων (principles component analysis), πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (multiple linear regression) και πολλαπλή μη γραμμική παλινδρόμηση (multiple non-linear regression).

Η Ανάλυση Διασποράς (Analysis of Variance, ANOVA) είναι μέθοδος στατιστικού ελέγχου υποθέσεων που αναφέρονται σε περισσότερες από δύο μεταβλητές. Με τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων με το κριτήριο Tukey, θελήσαμε να εντοπίσουμε τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των μεταβλητών των δειγμάτων.

Προκειμένου να ελέγξουμε την ύπαρξη γραμμικής σχέσης μεταξύ δύο ποσοτικών μεταβλητών, χρησιμοποιήσαμε τον παραμετρικό συντελεστή συσχέτισης του Pearson, r με την προϋπόθεση ότι οι δύο μεταβλητές κατανέμονται κανονικά και έχουν επιλεγεί τυχαία.

Με την τεχνική της ανάλυσης παραγόντων εξετάσαμε τις μεταβλητές που έχουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα (factor loadings). Ενώ με την ανάλυση πρώτων παραγόντων έγινε περιγραφή των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών, οι οποίες εμφανίζονται σε μια σειρά περιπτώσεων.

Με την ανάλυση πρώτων παραγόντων «χαρτογραφούνται» οι δοκιμές ξήρανσης ως προς τις μεταβλητές που ανταποκρίνονται στο πρώτο και δεύτερο παράγοντα. Έτσι εντοπίζονται τα δείγματα που είτε έχουν ίδιες ή κοντινές τιμές για τις διάφορες μεταβλητές, είτε διαφέρουν τελείως μεταξύ τους. Επίσης χαρτογραφούνται και οι μεταβλητές της ανάλυσης εντοπίζοντας αυτές που είναι ευθέως ανάλογες (όμοια κατεύθυνση), αντιστρόφως ανάλογες (αντίθετη κατεύθυνση) ή δεν έχουν καθόλου σχέση (κάθετη κατεύθυνση).

Με την πολλαπλή παλινδρόμηση θελήσαμε να εντοπίσουμε τις στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών καθώς και να ορίσουμε εξισώσεις (με βάση τα πειραματικά μας δεδομένα), οι οποίες θα μπορούν να προβλέπουν με μεγάλη ακρίβεια τις τιμές κάποιων μεταβλητών.

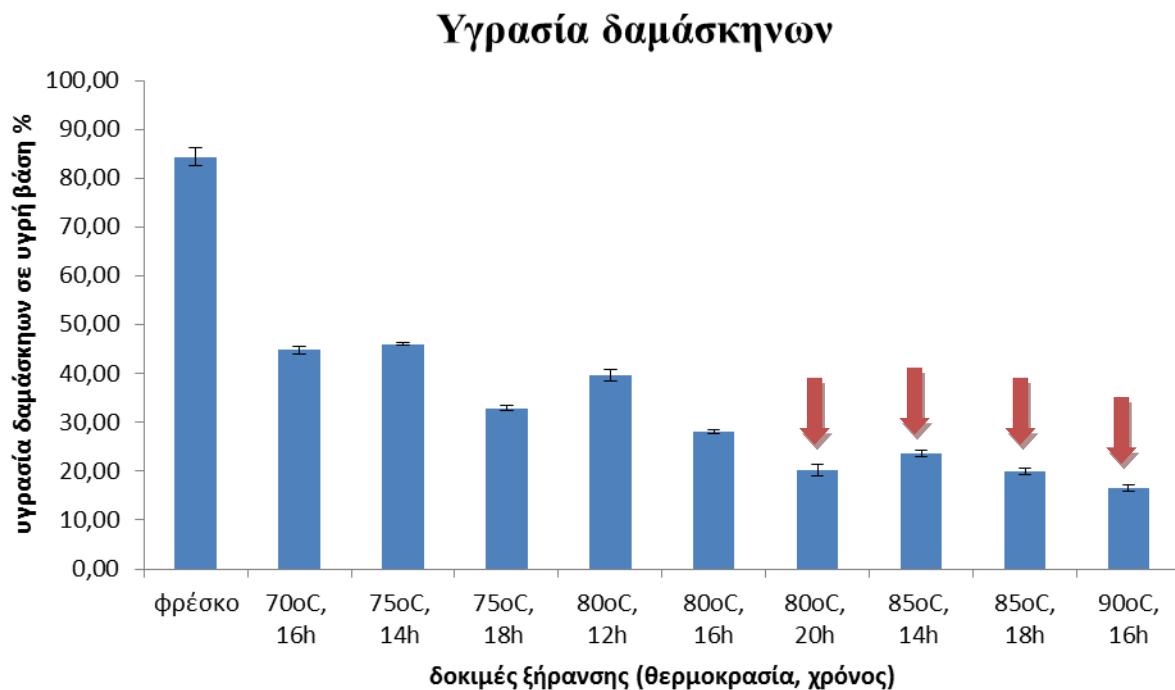
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι βρίσκεται ο συνολικός πίνακας με τα αποτελέσματα όλων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν. Επιπλέον να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις του Folin – Ciocalteu, DPPH και HPLC είναι υπολογισμένα ανά 100g δαμάσκηνων σε ξηρή βάση.

8.1 Μέτρηση Υγρασίας και ενεργότητας νερού (a_w)

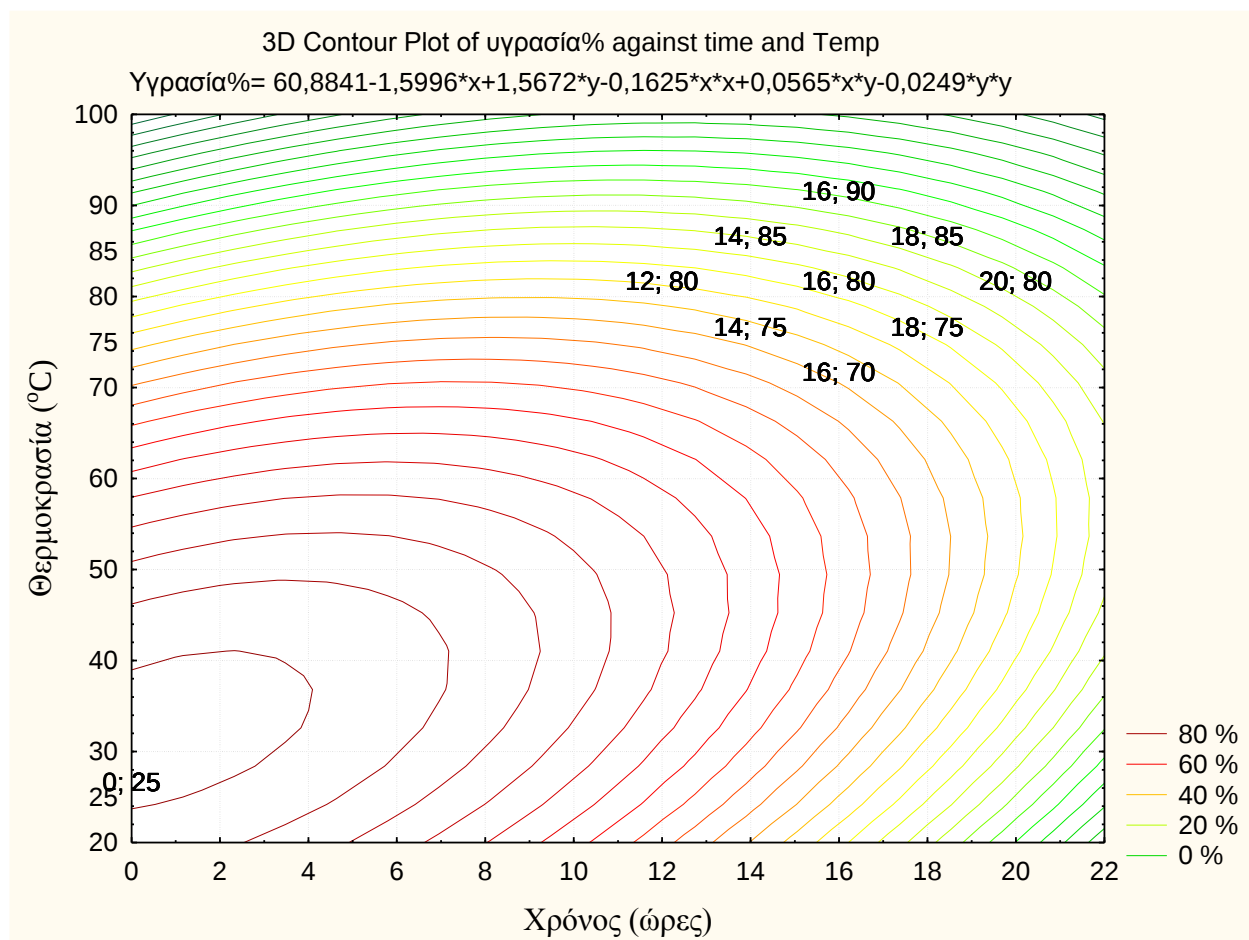
Αρχικά υπολογίσαμε την υγρασία τόσο του φρέσκου δαμάσκηνου όσο και των τελικών προϊόντων μετά το πέρας της κάθε δοκιμής ξήρανσης. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στο Σχήμα 4. Επιπλέον έγινε στατιστική ανάλυση διασποράς με τη μεθοδολογία ANOVA και έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων με το κριτήριο Tukey (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $p\text{-value} < 0,05$) τόσο ως προς τη μεταβλητή της υγρασίας όσο και ως προς τα αποτελέσματα που μας έδωσε η χημική ανάλυση DPPH και Folin-Ciocalteu.



Σχήμα 7. Επίπεδα υγρασίας στο τελικό προϊόν μετά από κάθε δοκιμασία ξήρανσης

Όπως αναμένεται, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και ο χρόνος ξήρανσης τόσο μειώνεται και η υγρασία του προϊόντος. Οι υγρασίες των τελικών προϊόντων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με εξαίρεση τις υγρασίες στις δοκιμές των 70° C για 16 ώρες και των 75° C για 14 ώρες καθώς και οι υγρασίες στις δοκιμές 80° C για 20 ώρες και 85° C για 18 ώρες ($p\text{-value} < 0,05$). Με

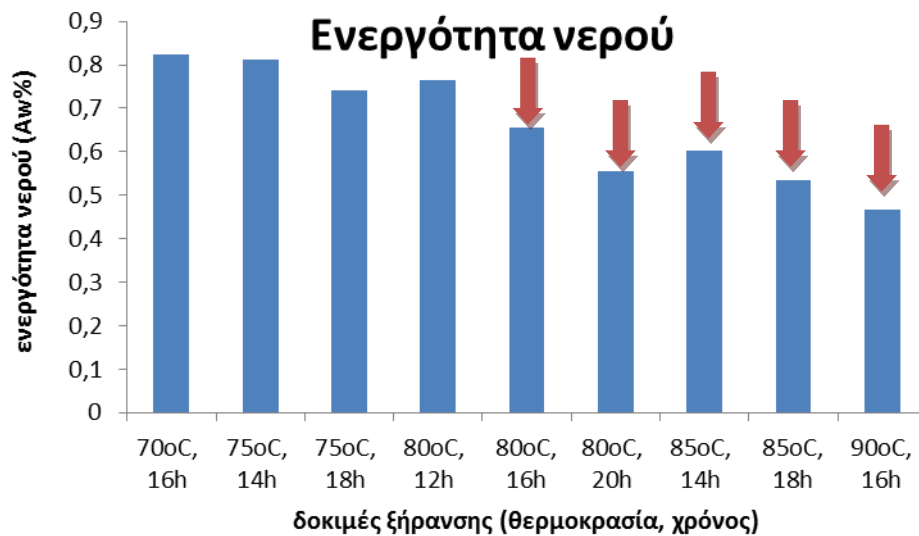
βελάκια σημειώνονται οι δοκιμές ξήρανσης που έδωσαν τελικό προϊόν με υγρασία κάτω από 25% σε υγρή βάση.



Σχήμα 8. Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα της υγρασίας των δαμάσκηνων στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά υγρασίας.

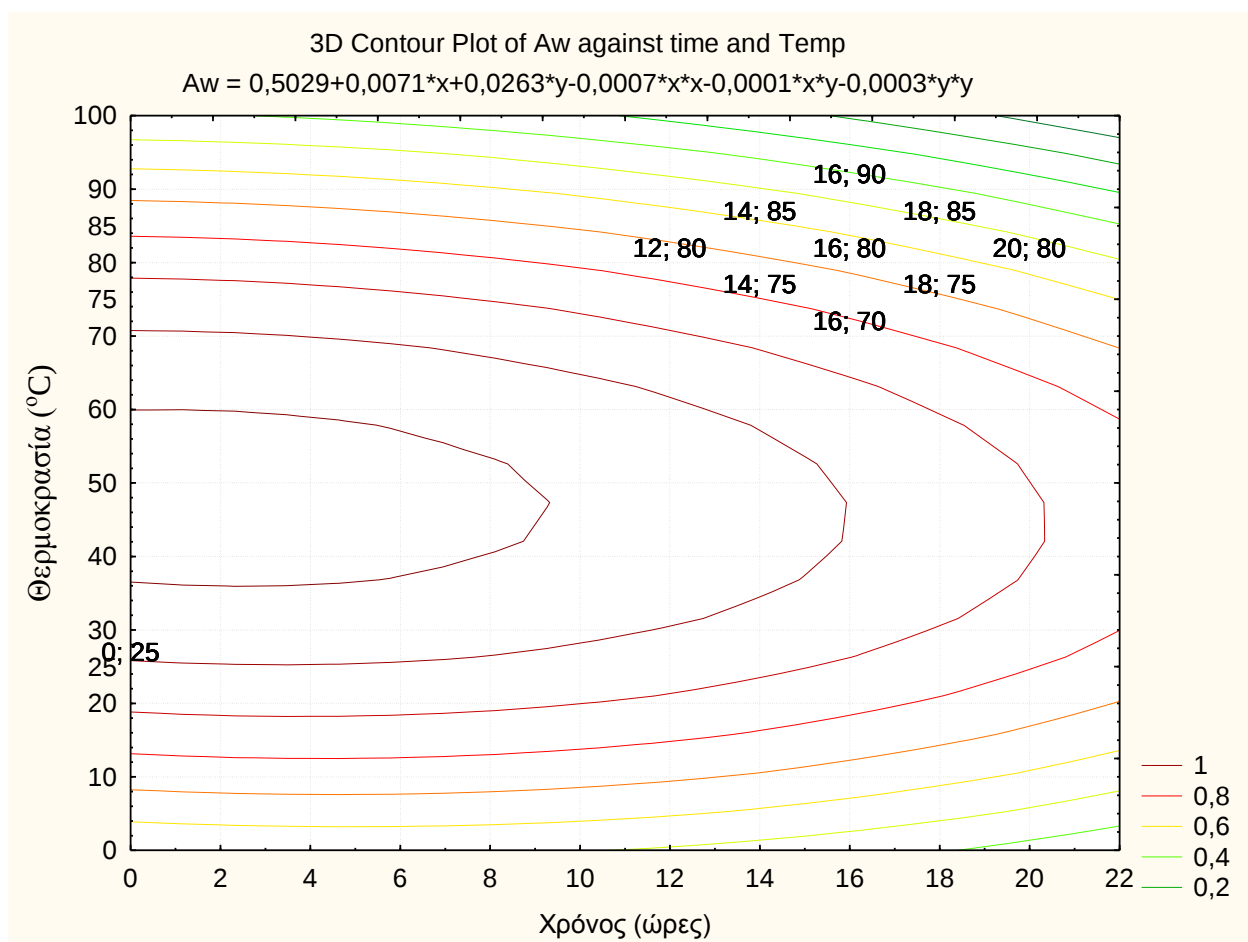
Με βάση τη βιβλιογραφία η ιδανική υγρασία για το αποξηραμένο δαμάσκηνο είναι περίπου 20-25% (Sabarez & Price, 1999). Από το ιστόγραμμα αλλά και από το τρισδιάστατο διάγραμμα φαίνεται ότι η ιδανική υγρασία επιτυγχάνεται όταν τα δαμάσκηνα αποξηραίνονται στις δοκιμές: 80° C για 20 ώρες, 85°C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες.

Στο επόμενο σχήμα αναφέρεται η ενεργότητα νερού που μετρήθηκε στα τελικά προϊόντα των δοκιμών ξήρανσης.



Σχήμα 9. Ενεργότητα νερού αποξηραμένων δαμάσκηνων μετά από κάθε δοκιμή ξήρανσης (T =θερμοκρασία ξήρανσης σε $^{\circ}\text{C}$, t =χρόνος σε ώρες,

Όταν η ενεργότητα νερού (A_w) είναι μικρότερη από 0,61 τότε δεν έχουμε ανάπτυξη μικροβιολογικού φορτίου στο τρόφιμο. Η ενεργότητα ύδατος των φρέσκων τροφίμων είναι $> 0,99$. Τα περισσότερα βακτήρια δεν αναπτύσσονται σε τιμές ενεργότητας χαμηλότερες από 0,91, οι περισσότεροι ζυμομύκητες σε τιμές χαμηλότερες από 0,88 και οι περισσότεροι ευρωτομύκητες σε τιμές χαμηλότερες από 0,80. Εξαιρετικά ωσμώφιλοι μύκητες έχει αναφερθεί ότι αναπτύσσονται και σε τιμές 0,60 – 0,65 αλλά γενικά το κατώτερο όριο ανάπτυξης των συχνότερα εβρισκόμενων μικροοργανισμών στα τρόφιμα είναι 0,7–0,75 (Adams & Moss, 2008).



Σχήμα 10. Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα της ενεργότητας νερού (A_w) στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά ενεργότητας νερού.

Εμείς ορίσαμε σαν αποδεκτό όριο ενεργότητας νερού για τα αποξηραμένα δαμάσκηνα το 0,65. Από το ιστόγραμμα αλλά και από το τρισδιάστατο (3D) σχήμα γίνεται σαφές ότι οι δοκιμές στις οποίες η ενεργότητα νερού είναι από 0,65 και κάτω είναι: 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες, ενώ σε οριακό επίπεδο είναι τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 80° C για 16 ώρες.

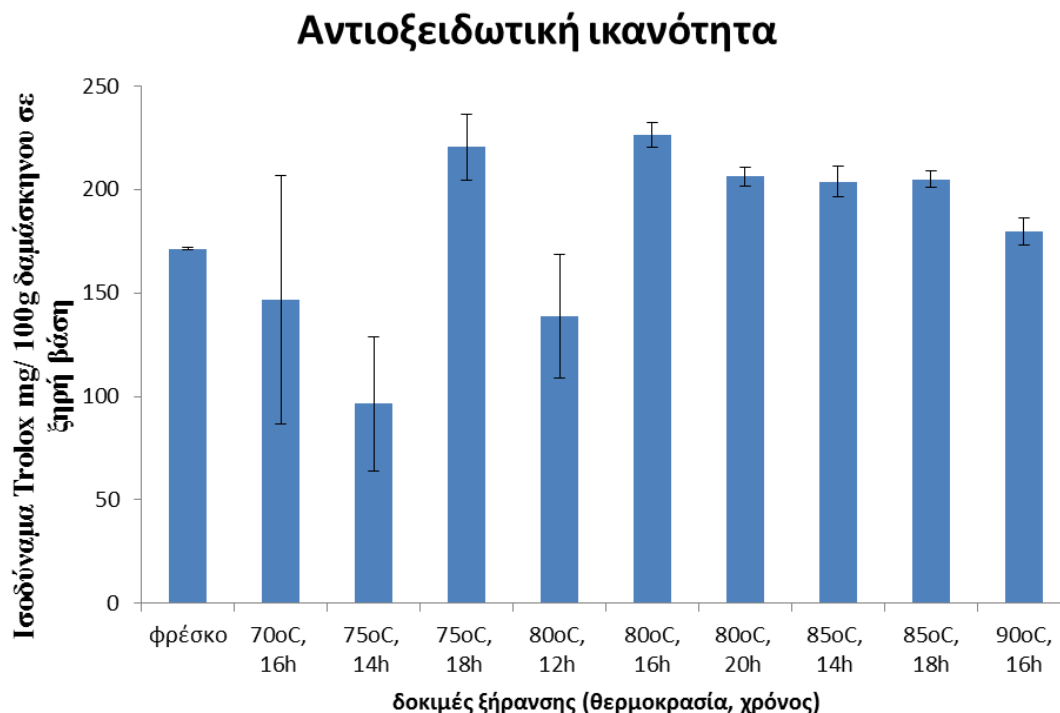
Επομένως από τα αποτελέσματα των μετρήσεων της υγρασίας προκύπτει ότι οι δοκιμές ξήρανσης στους 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες είναι οι κατάλληλες για την παραγωγή αποξηραμένων δαμάσκηνων. Όσον αφορά την ενεργότητα νερού οι δοκιμές ξήρανσης στους 80° C για 16 ώρες, 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες φαίνεται να είναι οι κατάλληλες για την παραγωγή ασφαλών προϊόντων που μπορούν να διατηρηθούν χωρίς να προκληθούν μικροβιολογικές αλλοιώσεις.

8.2 Προσδιορισμός της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με την μέθοδο δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας DPPH (AAR)

Στον Πίνακα 11 εμφανίζονται όλες οι μετρήσεις αντιοξειδωτικής ικανότητας για τα δείγματα των δαμάσκηνων που αποξηράθηκαν σε διάφορες θερμοκρασίες και χρόνους καθώς και του λυοφιλιωμένου (φρέσκου) προϊόντος, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο δέσμευσης της ελεύθερης ρίζας.

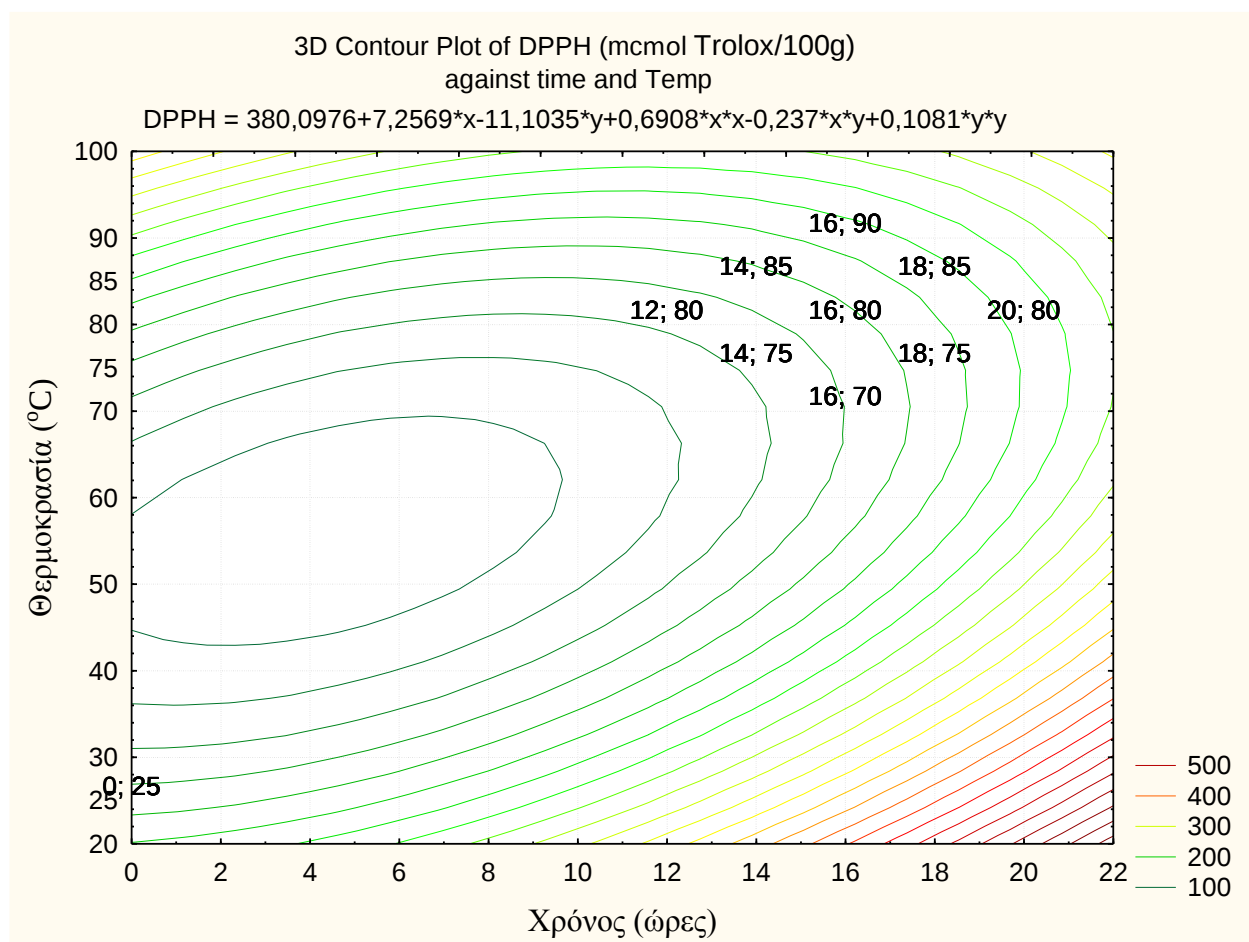
Πίνακας 11. Αντιοξειδωτική ικανότητα εκφρασμένη σε ισοδύναμα Trolox (mg/100g) για όλα τα δείγματα.

Δείγμα	Ισοδύναμα Trolox μmol/100g ξηρής βάσης
φρέσκο	171,36
70°C, 16h	146,66
75 °C, 14h	96,37
75 °C, 18h	220,58
80 °C, 12h	138,97
80 °C, 16h	226,21
80 °C, 20h	206,32
85 °C, 14h	203,92
85 °C, 18h	205,08
90 °C, 16h	179,76



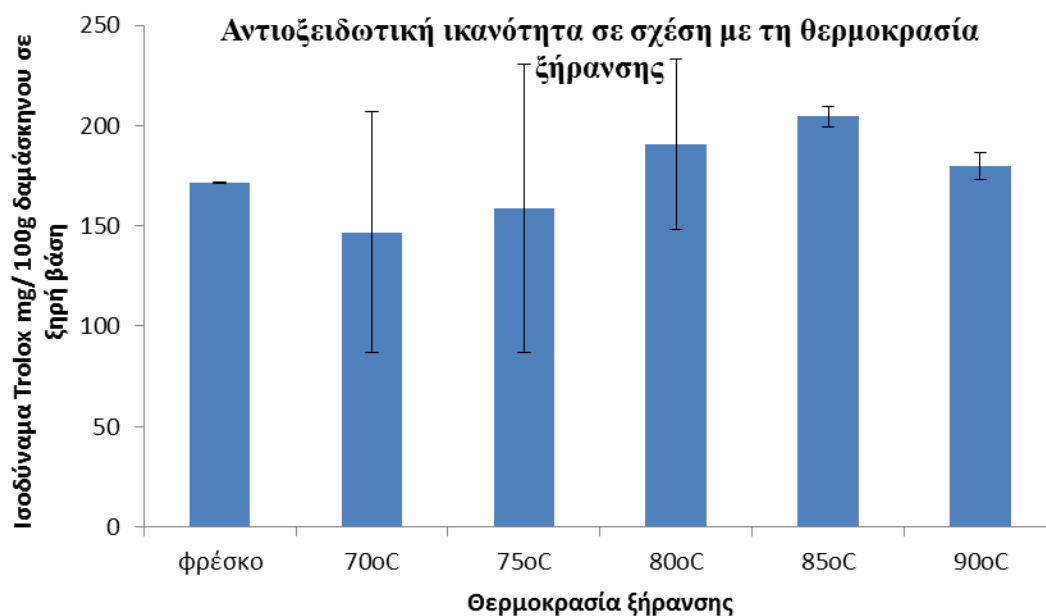
Σχήμα 11. Αντιοξειδωτική ικανότητα εκφρασμένη σε ισοδύναμα Trolox (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση) για όλα τα δείγματα.

Στο σχήμα 11 τα αποτελέσματα δίνονται σε ιστόγραμμα. Κατά τη στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε ότι μεταξύ του φρέσκου (λυοφιλιωμένο δείγμα) και των αποξηραμένων δαμάσκηνων από τις διάφορες δοκιμές ξήρανσης, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με εξαίρεση το δείγμα της δοκιμή που πραγματοποιήθηκε στους 75°C για 14 ώρες όπου είχε στατιστικά σημαντικά μικρότερα επίπεδα αντιοξειδωτικής ικανότητας ως προς το φρέσκο ($p\text{-value} < 0,05$). Το δείγμα αυτό διαφέρει στατιστικά σημαντικά με όλα τα άλλα δείγματα, με εξαίρεση τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 70° C για 16 ώρες και στους 80° C για 12 ώρες. Σχετικά με τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 80° C για 12 ώρες, φαίνεται να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, από τα δείγματα στους 75° C για 18 ώρες και 80° C για 16 ώρες ($p\text{-value} < 0,05$). Ουσιαστικά δεν παρατηρούμε μείωση ή αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας στην πλειοψηφία των δοκιμών ως προς το φρέσκο προϊόν.



Σχήμα 12. Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα DPPH στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά των ισοδυνάμων Trolox.

Από το τρισδιάστατο διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι δοκιμές με τα μεγαλύτερα επίπεδα αντιοξειδωτικής ικανότητας είναι στους 85°C για 18 ώρες, 80°C για 20 ώρες και 90°C για 16 ώρες.



Σχήμα 13. Αντιοξειδωτική ικανότητα εκφρασμένη σε ισοδύναμα Trolox (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση) για όλα τα δείγματα

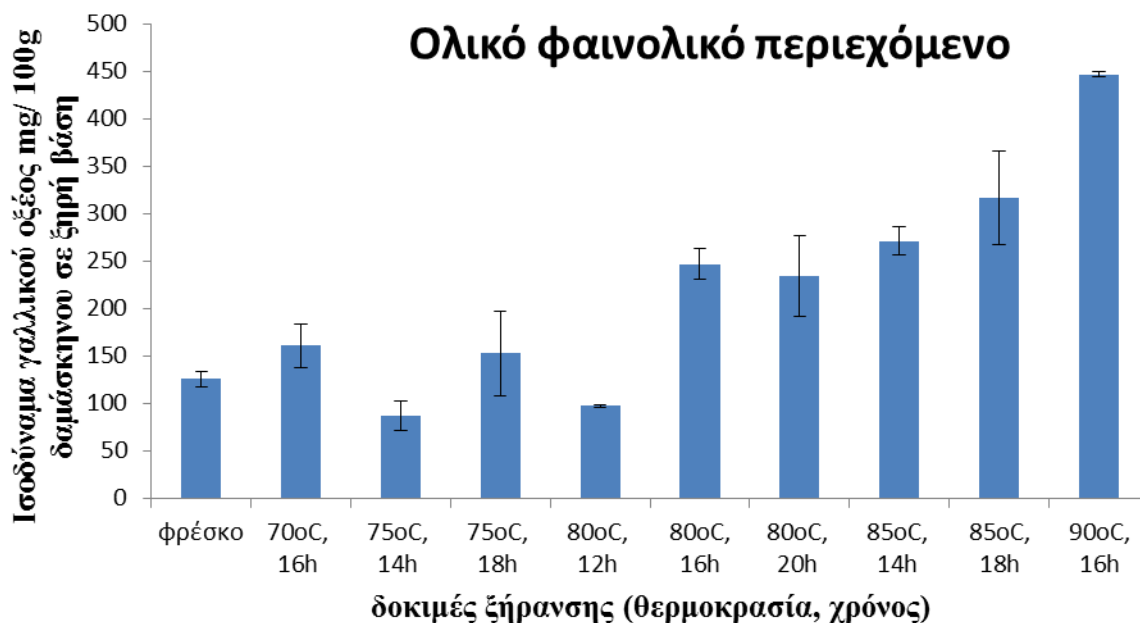
Ακόμα και όταν αξιολογήθηκε η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων ως προς τη θερμοκρασία ξήρανσης φάνηκε ότι παρέμεινε σταθερή σε όλες τις θερμοκρασίες (Σχήμα 13). Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά.

8.3 Προσδιορισμός του συνολικού φαινολικού περιεχομένου με τη μέθοδο Folin- Ciocalteu

Στον παρακάτω Πίνακα εμφανίζονται οι μετρήσεις των ολικών πολυφαινόλων για τα δείγματα που προέκυψαν από τις δοκιμές ξήρανσης καθώς και του φρέσκου (λυοφιλιωμένο) δαμάσκηνου. Τα δεδομένα του πίνακα αποτυπώνονται και σε μορφή ιστογράμματος.

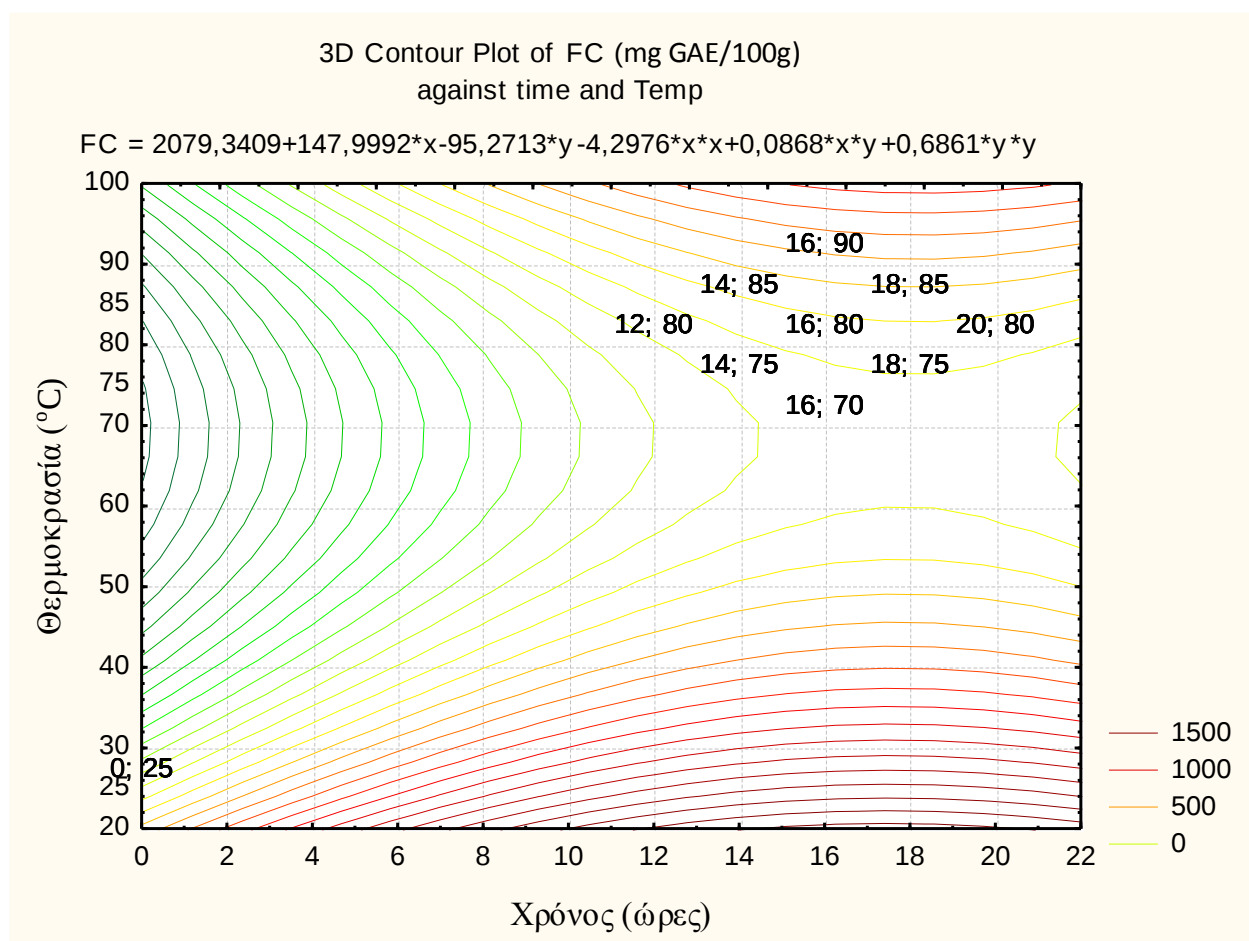
Πίνακας 12. Ολικές πολυφαινόλες εκφρασμένες ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/100g) για τα εξετασθέντα δείγματα

Δείγμα	Ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE) mg/100g ξηρής βάσης
φρέσκο	126,25
70°C, 16h	161,17
75 °C, 14h	87,31
75 °C, 18h	152,68
80 °C, 12h	97,51
80 °C, 16h	246,95
80 °C, 20h	234,08
85 °C, 14h	271,19
85 °C, 18h	316,57
90 °C, 16h	446,77



Σχήμα 14. Ολικές πολυφαινόλες εκφρασμένες ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/100g) για όλα τα δείγματα.

Στο ιστόγραμμα παρατηρείται μια αύξηση της συγκέντρωσης των ισοδυνάμων γαλλικού οξέος (ολικών πολυφαινολών) καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία και ο χρόνος ξήρανσης. Συγκεκριμένα από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το φρέσκο δαμάσκηνο διαφέρει σημαντικά από τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στις δοκιμές: 80° C για 16 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες, 90° C για 16 ώρες. Επιπλέον το δείγμα που αποξηράνθηκε στους 90° C για 16 ώρες φαίνεται να μη διαφέρει από το δείγμα των 85° C για 18 ώρες ως προς το περιεχόμενο ποσό ολικών πολυφαινολών. Ωστόσο διαφέρει στατιστικά σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα. Τέλος το δείγμα στους 85° C για 18 ώρες φαίνεται να έχει περίπου ίδια ποσότητα ολικών πολυφαινολών με τα δείγματα που αποξηράνθηκαν στους 80° C για 16 ώρες, 85° C για 14 ώρες και 90° C για 16 ώρες (p-value<0,05).

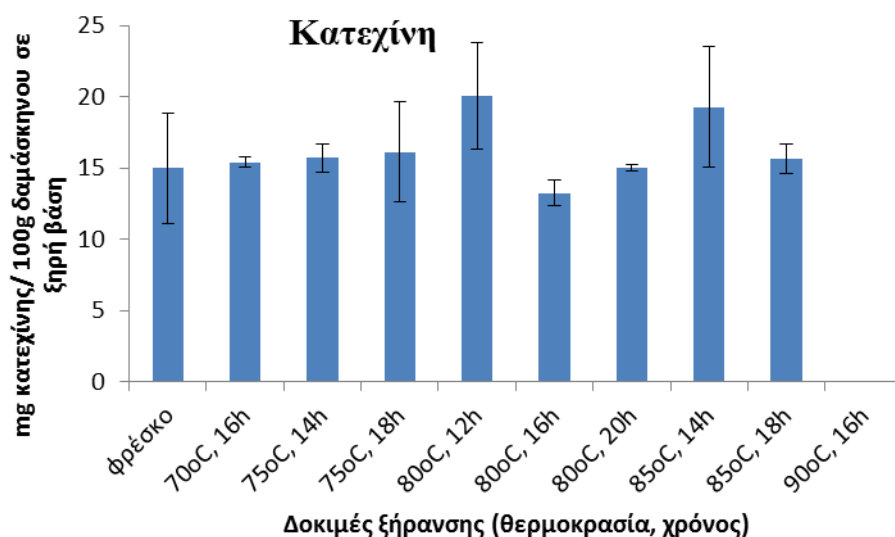


Σχήμα 15. Τρισδιάστατο διάγραμμα (3D Contour plot) που αποτυπώνει τα επίπεδα του Folin-Ciocalteu στις διάφορες συνθήκες ξήρανσης. Η χρωματική ποικιλία των γραμμών αντικατοπτρίζει τα διαφορετικά ποσά των ισοδυνάμων Γαλλικού οξέος.

Με βάση το τρισδιάστατο διάγραμμα, τα μεγαλύτερα επίπεδα ολικών φαινολικών συστατικών παρατηρούνται στα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 90°C για 16 ώρες και ακολουθούν αυτά που αποξηράνθηκαν στους 85°C για 18 ώρες και στους 85°C για 14 ώρες..

8.4 Υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC)

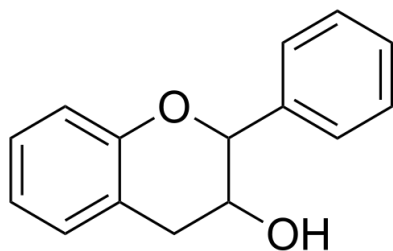
Από την ανάλυση HPLC προέκυψαν τα παρακάτω ιστογράμματα τα οποία αποτυπώνουν την περιεκτικότητα όλων των δειγμάτων σε κατεχίνη (φλαβονοειδή), γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ (φαινολικά οξέα). Όπως και στα αποτελέσματα του DPPH και του Folin-Ciocalteu έτσι και εδώ, έγινε στατιστική ανάλυση διασποράς με τη μεθοδολογία ANOVA και έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων με το κριτήριο Tukey (επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $p\text{-value} < 0,05$).



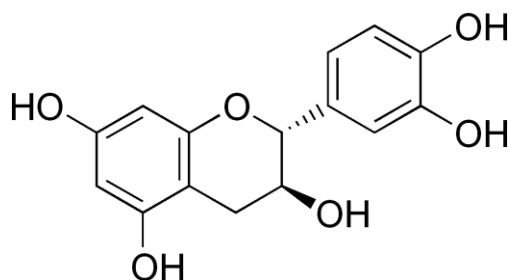
Σχήμα 16. Περιεκτικότητα των δαμάσκηνων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε κατεχίνη.

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι τα mg κατεχίνης ανά 100g του εκάστοτε δείγματος σε ξηρή βάση, παραμένουν ίδια σε όλες τις δοκιμές ξήρανσης εκτός από αυτή που πραγματοποιείται στους 90° C για 16 ώρες, όπου παρατηρείται η υποβάθμιση της κατεχίνης σε μηδενικό επίπεδο.

Τα φλαβονοειδή, φαίνεται να συμπεριφέρονται διαφορετικά κατά τη θερμική επεξεργασία, ανάλογα με τη διακύμανση του αριθμού και της θέσης των υδροξυλίων που περιέχουν (Rice-Evans *et al.*, 1996). Οι φλαβαν-3-όλες (υποομάδα των φλαβονοειδών), όπως η κατεχίνη, αποτελούν πιο σταθερές δομές κατά τη θερμική επεξεργασία σε σχέση με τα υπόλοιπα φλαβονοειδή (Bravo, 1998).



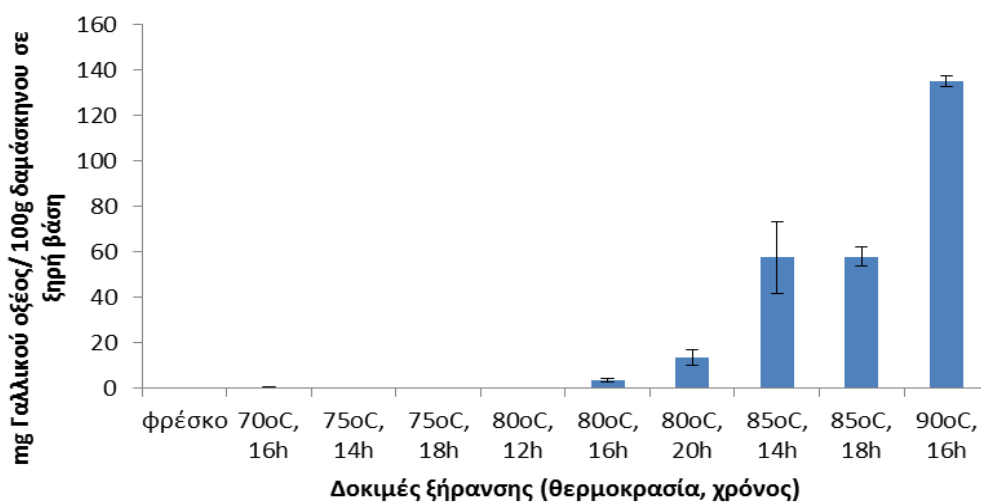
Εικόνα 3. Δομή φλαβαν-3-όλης



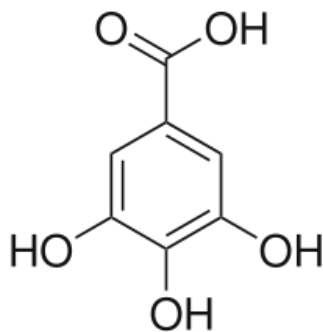
Εικόνα 4. Δομή (+) - κατεχίνης

Ο Miletic *et al.* (2013), κατά τη ξήρανση δαμάσκηνων στους 90° C παρατήρησε μια μικρή αύξηση των φλαβονοειδών στη ποικιλία Mildora, ενώ όσον αφορά την ποικιλία δαμάσκηνων Valjeanka δεν παρατήρησε καμία αλλαγή στα επίπεδα αυτών.

Γαλλικό οξύ



Σχήμα 17. Περιεκτικότητα των δαμάσκηνων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε γαλλικό οξύ.

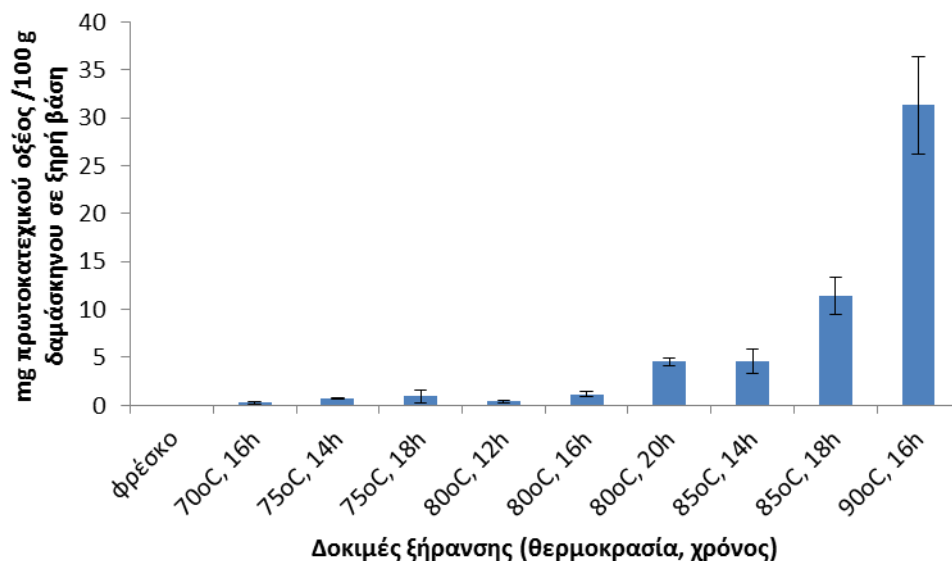


Εικόνα 5. Δομή γαλλικού οξέος

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι τα επίπεδα του γαλλικού οξέος στα δείγματα: φρέσκο, 70° C για 16 ώρες, 75° C για 14 ώρες, 75° C για 18 ώρες, 80° C για 12 ώρες, 80° C για 16 ώρες, 80° C για 20 ώρες δεν διέφεραν σημαντικά. Από την άλλη, τα δείγματα που αποξηράνθηκαν στους 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες είχαν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες γαλλικού οξέος από τα υπόλοιπα δείγματα, ενώ το δείγμα 90° C για 16 ώρες είχε σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα γαλλικού οξέος και από τα δείγματα που αποξηράνθηκαν στους 85° C για 14 ώρες και 85° C για 18 ώρες. Συνοπτικά το ιστόγραμμα δείχνει ότι όσο αυξανόταν η θερμοκρασία και ο χρόνος ξήρανσης, τόσο αυξανόταν και το περιεχόμενο γαλλικό οξύ στα δείγματα.

Παρόμοια αποτελέσματα παρατήρησαν και οι Miletic *et al.* (2013) οι οποίοι αποξήραναν τα δαμάσκηνα σε θερμοκρασία 90° C και παρατήρησαν σημαντική αύξηση του γαλλικού οξέος και στις 2 ποικιλίες (“Valjevnka” και “Mildora”).

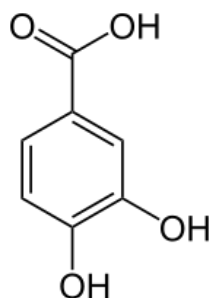
Πρωτοκατεχικό οξύ



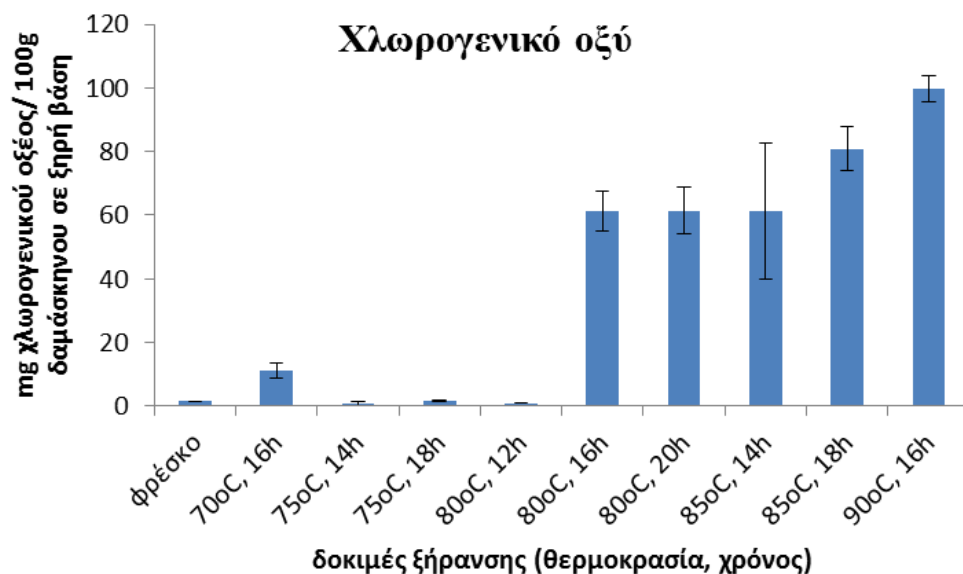
Σχήμα 18. Περιεκτικότητα των δαμάσκηνων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε πρωτοκατεχικό οξύ.

Όσον αφορά το πρωτοκατεχικό οξύ, από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 90° C για 16 ώρες είχαν σημαντικά μεγαλύτερο ποσό πρωτοκατεχικού οξέος τόσο από το φρέσκο όσο και από τα υπόλοιπα δείγματα. Όσον αφορά τα δείγματα στους 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες και 85° C για 18 ώρες φαίνεται να μη διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Τα φρέσκα δαμάσκηνα φάνηκε να μη διαφέρουν σημαντικά από τα δαμάσκηνα που προέκυψαν από τις δοκιμές ξήρανσης στους 70° C για 16 ώρες, 75° C για 14 ώρες, 75° C για 18 ώρες, 80° C για 12 ώρες, 80° C για 16 ώρες και 80° C για 20 ώρες.

Βιβλιογραφικά, παρατηρείται μια υποβάθμιση του πρωτοκατεχικού οξέος κατά τη ξήρανση των δαμάσκηνων (Miletic *et al.*, 2013).



Εικόνα 6. Δομή πρωτοκατεχικού οξέος



Σχήμα 19.Περιεκτικότητα των δαμάσκηνων (φρέσκων και αποξηραμένων) σε χλωρογενικό οξύ.

Στο παραπάνω ιστόγραμμα φαίνεται η ποσότητα του χλωρογενικού οξέος στα δαμάσκηνα στις διάφορες δοκιμές ξήρανσης. Τα φρέσκα δαμάσκηνα φαίνεται να μη διαφέρουν από τα δαμάσκηνα που προέκυψαν από τις δοκιμές ξήρανσης στους 70° C για 16 ώρες, 75° C για 14 ώρες, 75 ° C για 18 ώρες και 80° C για 12 ώρες. Ακόμη τα επίπεδα χλωρογενικού οξέος δεν διαφέρουν στις δοκιμές 80° C για 16 ώρες, 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες και 85° C για 18 ώρες, ενώ τέλος τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες δεν φαίνεται να διαφέρουν σημαντικά ως προς το περιεχόμενο χλωρογενικό οξύ. Γενικότερα παρατηρείται μια ανοδική τάση της ποσότητας του χλωρογενικού οξέος όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και ο χρόνος ξήρανσης.

Το κύριο φαινολικό συστατικό των δαμάσκηνων είναι το νεοχλωρογενικό οξύ και ακολουθεί το ισομερές του, χλωρογενικό οξύ (Donovan *et al.*, 1998). Λόγω έλλειψης του προτύπου διαλύματος νεοχλωρογενικού οξέος, αναλύσαμε τα δαμάσκηνα, φρέσκα (λυοφιλιωμένα) και αποξηραμένα μόνο ως προς το χλωρογενικό οξύ.

Οι Miletic *et al.* (2013) μελέτησαν τις ποικιλίες δαμάσκηνων Valjevka και Mildora κατά την ξήρανση. Όσον αφορά το χλωρογενικό οξύ, στους 90° C, φάνηκε να μειώνεται στην ποικιλία Mildora και να αυξάνεται στην ποικιλία Valjevka σε σχέση με το φρέσκο.

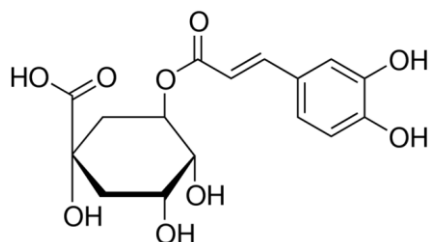
Οι Piga *et al.* (2003) οι οποίοι ασχολήθηκαν με τη ξήρανση των δαμάσκηνων έδειξαν ότι στην ξήρανση στους 85° C δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα επίπεδα των

υδροξυκινναμωμικών οξέων (νεοχλωρογενικό οξύ, χλωρογενικό οξύ) συγκριτικά με το φρέσκο προϊόν, ενώ διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των αποτελεσμάτων της ξήρανσης στους 60 ° C και του φρέσκου προϊόντος.

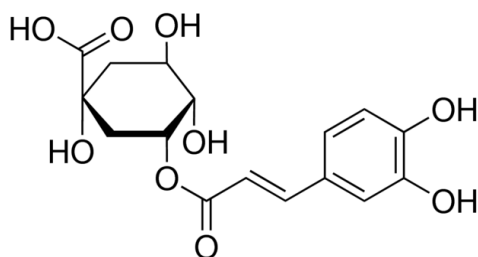
Ακολουθώντας το ίδιο πρωτόκολλο με την εργασία των Piga *et al*, η Del Caro και οι συνεργάτες τις (2004) πραγματοποίησαν 2 δοκιμές ξήρανσης στις ποικιλίες δαμάσκηνων President και Sugar και παρατήρησαν ότι το περιεχόμενο χλωρογενικό οξύ ήταν σε μεγαλύτερη ποσότητα στην υψηλή θερμοκρασία ξήρανσης (85° C) σε σχέση με τη ξήρανση στους 60° C.

Ο Madrau *et al*. (2010) στη ξήρανση δαμάσκηνων στους 85° C παρατήρησε μια αύξηση των επιπέδων του νεοχλωρογενικού οξέος, ενώ το χλωρογενικό οξύ δεν επηρεάστηκε από την υψηλή θερμοκρασία. Σχετικά με τη χαμηλή θερμοκρασία ξήρανσης (60° C) παρατηρήθηκε σημαντική μείωση και των δυο υδροξυκινναμωμικών οξέων.

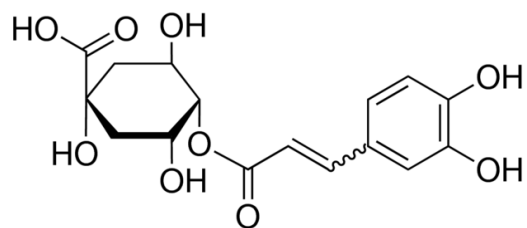
Στη συνέχεια παρατίθεται ένας πίνακας με τη σύνοψη των αποτελεσμάτων μας όσον αφορά τα τέσσερα φαινολικά συστατικά που αξιολογήσαμε ποσοτικά και ποιοτικά. Επιπλέον στον πίνακα φαίνονται και οι ποσοτικοί προσδιορισμοί των τεσσάρων φαινολικών συστατικών που πραγματοποιήθηκαν από άλλους ερευνητές, προγενέστερα.



Εικόνα 7. Δομή χλωρογενικού οξέος



Εικόνα 8. Δομή νεοχλωρογενικού οξέος



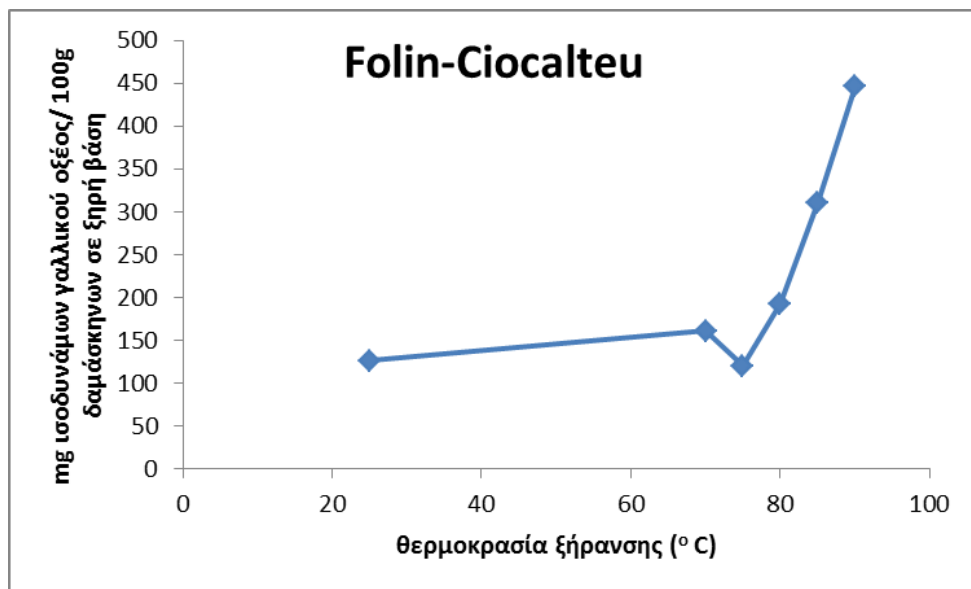
Εικόνα 9. Δομή κρυπτοχλωρογενικού οξέος

Πίνακας 13. Συνοπτικός πίνακας των φαινολικών συστατικών που ανιχνεύτηκαν στη μελέτη μας και παράθεση αποτελεσμάτων άλλων ερευνητών (h=ώρες).

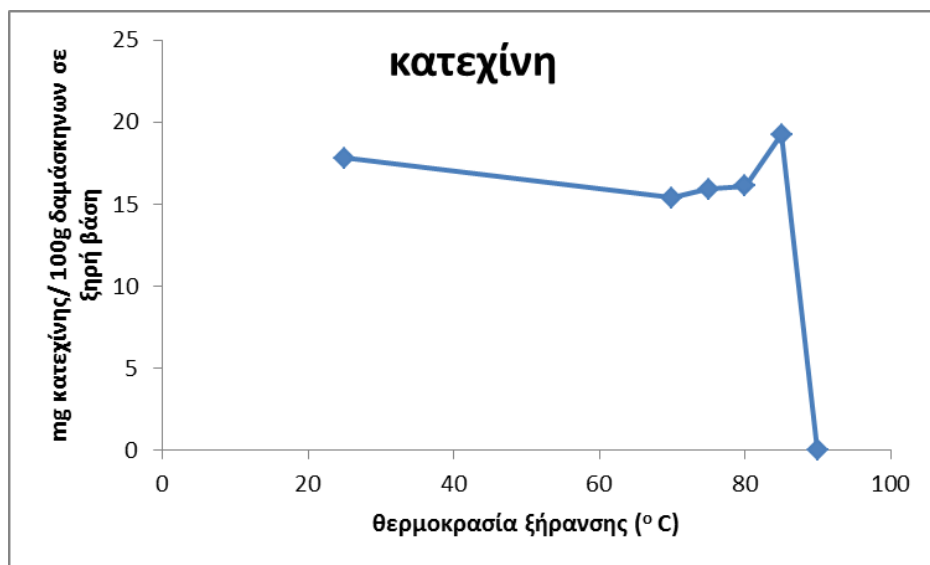
		Χλωρογενικό οξύ (mg/100g προϊόντος)	Κατεχίνη (mg/100g προϊόντος)	Γαλλικό οξύ (mg/100g προϊόντος)	Πρωτοκατεχικό οξύ (mg/100g προϊόντος)
Donovan et al. (1998)	Agen (φρέσκα)	14,4	5,4		
Piga et al. (2003)	Sugar (φρέσκο)	58,49	0		
	Sugar (60° C)	μειώθηκε σε σχέση με το φρέσκο	0		
	Sugar (85° C)	Καμία διαφορά με φρέσκο	0		
	Presid.(φρέσκο)	54,05	18,47		
	President (60° C)	μειώθηκε σε σχέση με το φρέσκο	0		
	President (85° C)	Καμία διαφορά με φρέσκο	0		
Madrau et al. (2010)	Agen (Φρέσκο)	7,54	5,15		
	Agen (60° C)	3,53	2,56		
	Agen (85° C)	7,67 (μη σημαντική διαφορά)	4,79		
Miletic et al. (2013)	Valjevka (φρέσκο)	1,67		2,56	2,14
	Valjevka (90° C)	1,76		11,44	1,23
	Mildora (φρέσκο)	0,8		3,46	1,07
	Mildora (90° C)	0,57		13,65	
Αποτελέσματα					
	Stanley (φρέσκο)	1,27	17,78	0	0
	Stanley (70° C, 16h)	11,04	15,4	0,38	0,18
	Stanley (75° C, 14h)	1,57	15,7	0,276	0,71
	Stanley (75° C, 18h)	1,72	16,13	0,36	0,62
	Stanley (80° C, 12h)	1,19	20,04	0,23	0,25
	Stanley (80° C, 16h)	61,12	13,24	3,41	1,16
	Stanley (80° C, 20h)	61,36	15	13,66	4,52
	Stanley (85° C, 14h)	61,3	19,28	57,62	7,57
	Stanley (85° C, 18h)	80,89	19,2	57,86	11,43
	Stanley (90° C, 16h)	99,76	0	135,03	31,31

8.5 Σύνοψη της επίδραση της θερμοκρασίας στα φαινολικά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα των δαμάσκηνων

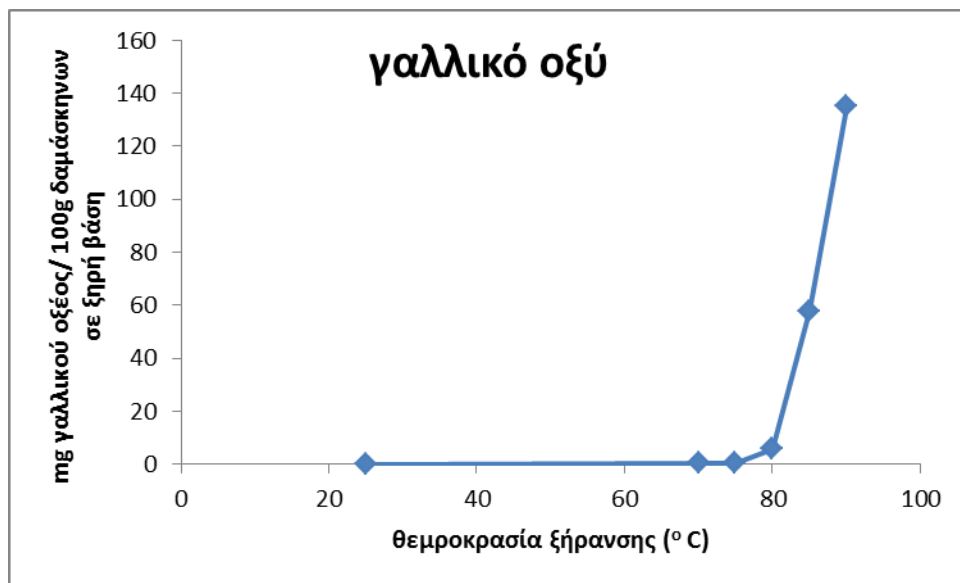
Συνοψίζοντας ως προς τα φαινολικά συστατικά, τόσο τα συνολικά όσο και τα επιμέρους, παρατηρούμε ότι από τους 80° C και πάνω έχουμε σημαντική αύξηση των φαινολικών οξέων (γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ) καθώς και του ολικού φαινολικού περιεχομένου. Αντιθέτως η κατεχίνη φαίνεται να παραμένει σταθερή με την επίδραση της θερμοκρασίας και να καταστρέφεται στους 90° C. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται η επίδραση της θερμοκρασίας.



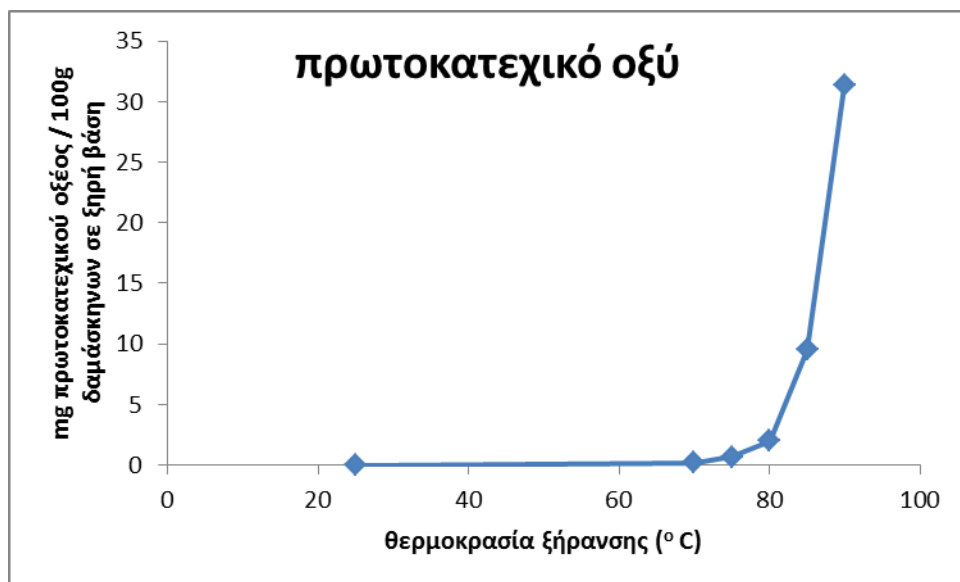
Σχήμα 20. Μεταβολή των ισοδυνάμων γαλλικού οξέος ως προς τη θερμοκρασία ξήρανσης.



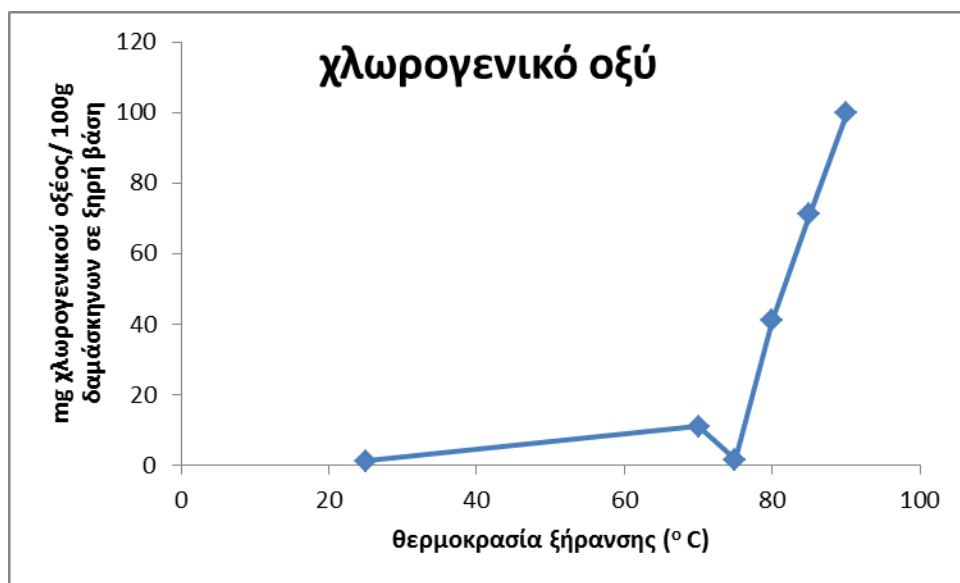
Σχήμα 21. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα της κατεχίνης



Σχήμα 22. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα του γαλλικού οξέος.



Σχήμα 23. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα του πρωτοκατεχικού οξέος.



Σχήμα 24. Επίδραση της θερμοκρασίας ξήρανσης στα επίπεδα του χλωρογενικού οξέος.

8.6 Συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών

Υπολογίσαμε τον συντελεστή συσχέτισης r του Pearson για να βρούμε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Στον πίνακα 14 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής. Συγκεκριμένα οι πιο ισχυρές ($r > 0,8$) και στατιστικά σημαντικές ($p\text{-value} < 0,05$) συσχετίσεις είναι:

- Θερμοκρασία –Χρόνος ($r = 0,863$) (θετική συσχέτιση)
- Θερμοκρασία-Υγρασία ($r = - 0,947$) (αρνητική συσχέτιση)
- Χρόνος – Υγρασία ($r = - 0,885$) (αρνητική συσχέτιση)
- Θερμοκρασία –Ενεργότητα νερού ($r = - 0,835$)
- Folin – Χλωρογενικό οξύ ($r = 0,913$) (θετική συσχέτιση)
- Folin – Πρωτοκατεχικό οξύ ($r = 0,822$) (θετική συσχέτιση)
- Folin – Γαλλικό οξύ ($r = 0,872$) (θετική συσχέτιση)
- Folin – Ενεργότητα νερού ($r = - 0,815$) (αρνητική συσχέτιση)
- Πρωτοκατεχικό οξύ - Γαλλικό οξύ ($r = 0,949$) (θετική συσχέτιση)
- Χλωρογενικό οξύ – Ενεργότητα νερού ($r = 0,883$) (θετική συσχέτιση)
- Υγρασία – Ενεργότητα νερού ($r = 0,946$) (θετική συσχέτιση)

Πίνακας 14. Συσχετίσεις που προέκυψαν από τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης r του Pearson.

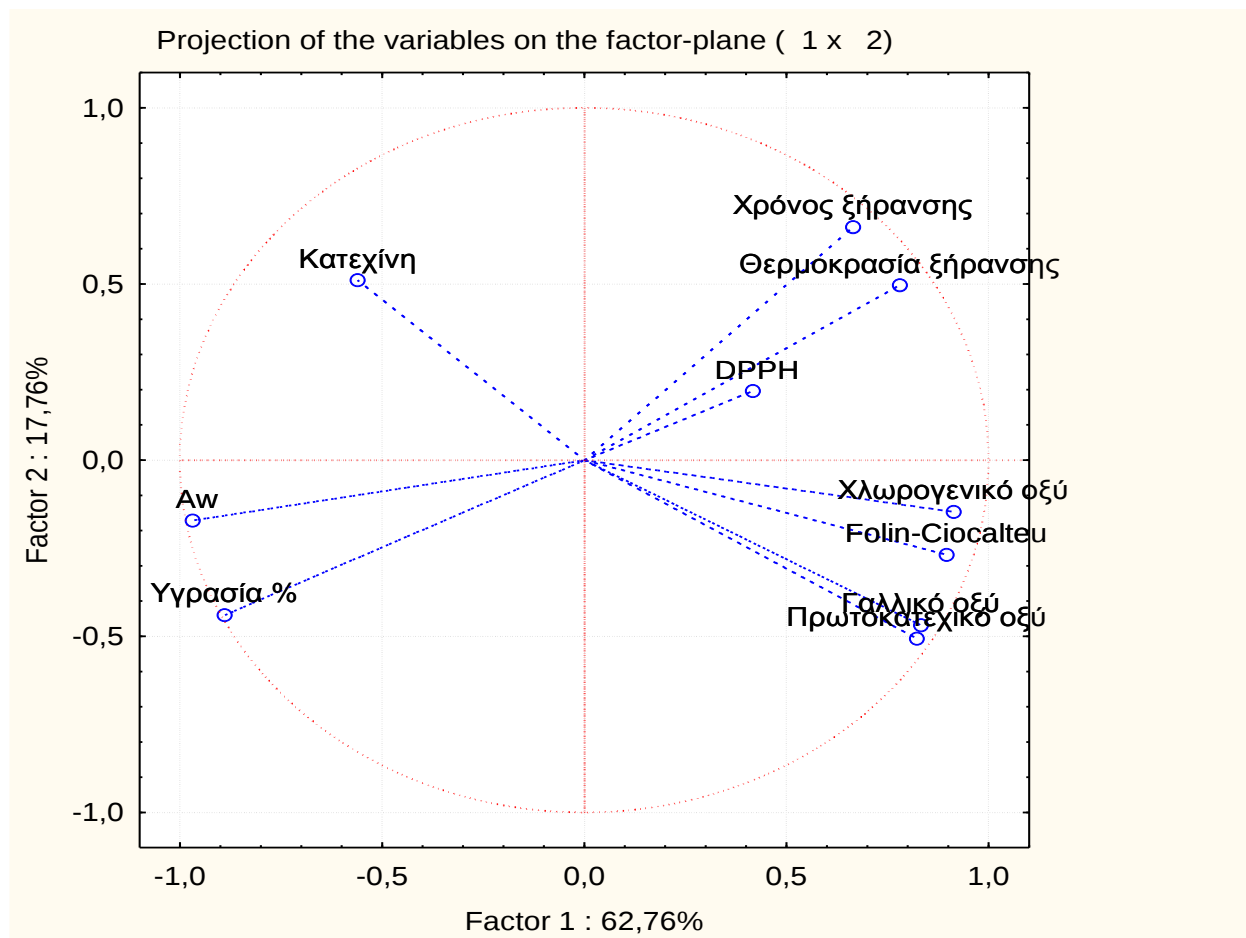
[illegible]

8.7 Ανάλυση παραγόντων και πρώτων παραγόντων

Στη συνέχεια των αναλύσεων εφαρμόσαμε την ανάλυση παραγόντων (factor analysis) και πρώτων παραγόντων (principal components analysis). Στον τον πίνακα 15 βλέπουμε ότι οι μεταβλητές που έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα ως προς τον παράγοντα 1 (Factor 1) είναι η θερμοκρασία, τα επίπεδα ολικών φαινολικών συστατικών (Folin-Ciocalteu), η υγρασία των δαμάσκηνων, η ενεργότητα νερού και τα τρία φαινολικά οξέα (γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ).

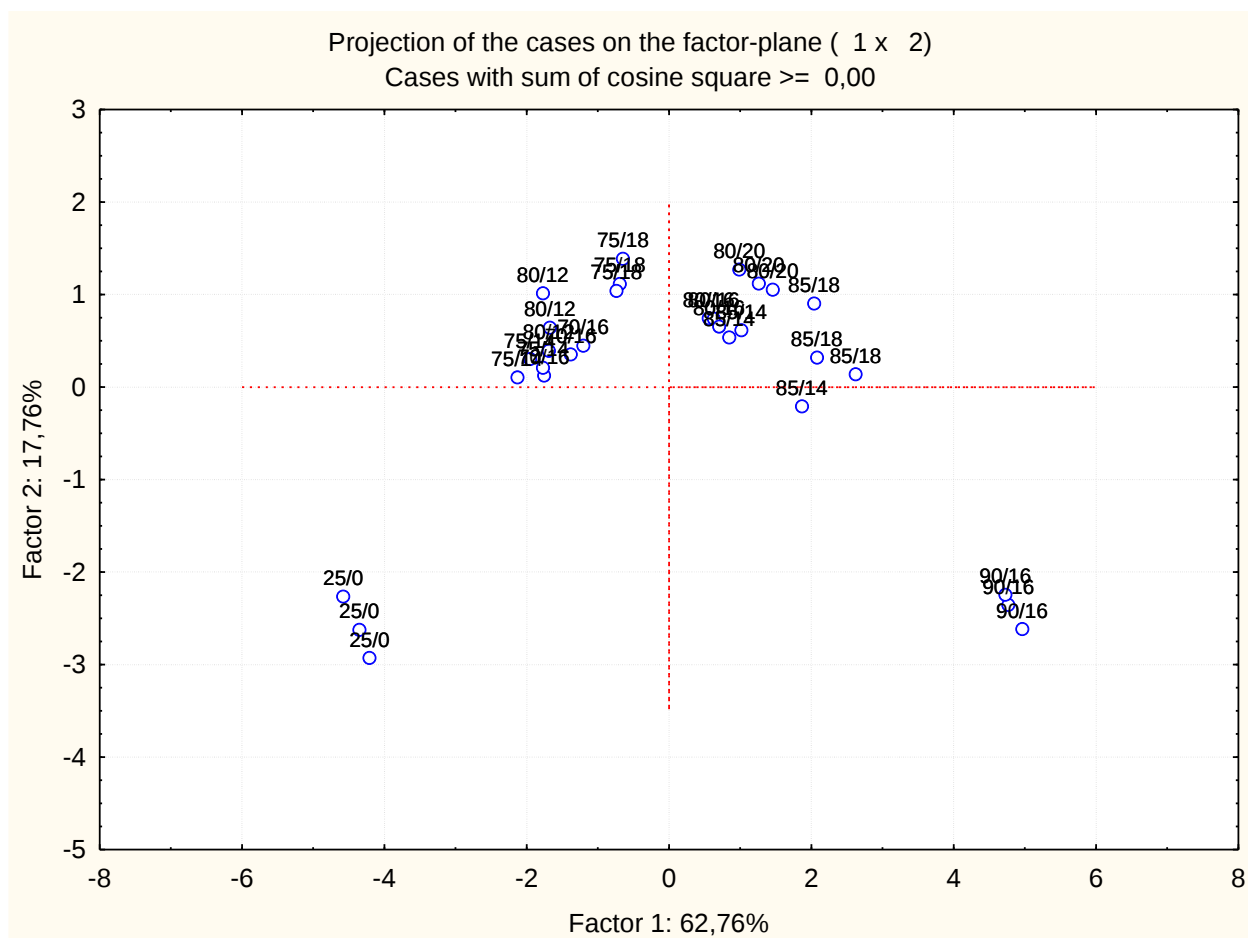
Πίνακας 15.Ανάλυση παραγόντων.

Μεταβλητές	Factor loadings (unrotated) Extraction: principal components (Marked loadings are > 0,07)	
Θερμοκρασία	0,780339	0,496426
Χρόνος	0,664621	0,662143
DPPH	0,416968	0,196519
Folin – Ciocalteu	0,895916	-0,268498
Υγρασία δαμάσκηνων	-0,889786	-0,439613
Ενεργότητα νερού (Aw)	-0,968904	-0,171996
Γαλλικό οξύ	0,832800	-0,468127
Πρωτοκατεχικό οξύ	0,822333	-0,506298
Κατεχίνη	-0,560531	0,510803
Χλωρογενικό οξύ	0,913459	-0,146839
Expl.Var	6,276063	1,776387
Prp.Totl	0,627606	0,177639



Σχήμα 25. Ανάλυση πρώτων παραγόντων για όλες τις μεταβλητές.

Κατά την ανάλυση πρώτων παραγόντων για όλες τις μεταβλητές προέκυψε το σχήμα 25. Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία και ο χρόνος ξήρανσης είναι αντιστρόφως ανάλογη της υγρασίας και της ενεργότητας νερού. Δηλαδή όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και ο χρόνος ξήρανσης, τόσο μειώνεται η υγρασία και η ενεργότητα νερού του προϊόντος. Επιπλέον φαίνεται ότι οι τα τρία φαινολικά οξέα και τα επίπεδα των ολικών φαινολικών συστατικών (Folin-Ciocalteu) σχετίζονται θετικά μεταξύ τους ενώ είναι αντιστρόφως ανάλογα με την κατεχίνη. Δηλαδή όσο αυξάνονται τα φαινολικά οξέα που ανιχνεύσαμε, τόσο αυξάνεται και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο των δαμάσκηνων. Τέλος παρατηρούμε ότι το DPPH δεν σχετίζεται με τα 3 φαινολικά οξέα, την κατεχίνη και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο.



Σχήμα 26. Χαρτογράφηση δειγμάτων ως προς τις μεταβλητές υγρασία, DPPH, Folin-Ciocalteu, κατεχίνη, γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ.

Στο σχήμα 26 χαρτογραφούνται οι δοκιμές ξήρανσης ως προς όλες τις μεταβλητές. Συγκεκριμένα, οι δοκιμές ξήρανσης που ξεχωρίζουν από την πλειοψηφία είναι τα φρέσκα δαμάσκηνα (25° C, 0h) και τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 90° C, 16h. Γίνεται αντιληπτό ότι τα ακραία δείγματα είναι αυτά που στο σύνολο των μεταβλητών διαφέρουν τόσο μεταξύ τους όσο και με την πλειοψηφία των δειγμάτων. Ακόμη παρατηρείται ότι οι υπόλοιπες δοκιμές είναι χωρισμένες σε 2 ομάδες. Συγκεκριμένα οι δοκιμές 80° C για 16 ώρες, 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες και 85° C για 18 ώρες είναι μαζεμένες στη μια μεριά του γραφήματος, οπότε προκύπτει ότι έχουν παρόμοιο προφίλ ως προς το σύνολο των μεταβλητών. Οι δοκιμές στους 70° C για 16 ώρες, 75° C για 14 ώρες, 75° C για 18 ώρες και 80° C για 12 ώρες φαίνεται να έχουν όμοια επίπεδα για τις μεταβλητές που αξιολογήσαμε, καθώς βρίσκονται μαζεμένες (ομαδοποιημένες) στην άλλη μεριά του άξονα.

8.8 Πολλαπλή Γραμμική παλινδρόμηση

Οι πειραματικές τιμές επιλεγμένων μεταβλητών αναλύθηκαν μέσω της διαδικασίας της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Δημιουργήσαμε διάφορα μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης για να μπορέσουμε να εξηγήσουμε τον τρόπο και τον μέγεθος της επιρροής που ασκούν ορισμένες ανεξάρτητες μεταβλητές σε επιλεγμένες εξαρτημένες. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μοντέλα που αξιολογήσαμε. Με κόκκινο χρώμα είναι μαρκαρισμένες οι ανεξάρτητες μεταβλητές που είναι στατιστικά σημαντικές ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή που μελετάμε κάθε φορά.

Αρχικά δημιουργήσαμε ένα μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης για να δούμε εάν τα φαινορικά συστατικά που ανιχνεύσαμε μπορούν να εξηγήσουν την αντιοξειδωτική ικανότητα των δαμάσκηνων και με ποιον τρόπο. Στον πίνακα 16, παρατηρούμε ότι μόνο το χλωρογενικό οξύ φαίνεται να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τις τιμές που παίρνει το DPPH. Συγκεκριμένα, για κάθε 1 mg αύξησης του χλωρογενικού οξέος στα 100g δαμάσκηνων παρατηρείται αύξηση 0,92 μmol ισοδύναμου Trolox, με την προϋπόθεση ότι η κατεχίνη, το γαλλικό και το πρωτοκατεχικό οξύ παραμένουν σταθερά.

Πίνακας 16. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH και ανεξάρτητες την κατεχίνη, το γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ.

Regression Summary for Dependent Variable: DPPH, R= ,59809282 R ² = ,35771502 Adjusted R ² = ,25494942 F(4,25)=3,4809 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(25)	p-level
Intercept			146,9280	32,46832	4,525273	0,000128
Γαλλικό οξύ	-0,083986	0,566573	-0,0873	0,58917	-0,148234	0,883347
Πρωτοκατεχικό οξύ	-0,458450	0,632922	-2,1398	2,95420	-0,724339	0,475582
Κατεχίνη	0,049894	0,246721	0,3597	1,77854	0,202229	0,841374
Χλωρογενικό οξύ	0,921458	0,267288	1,0977	0,31841	3,447430	0,002014

Όσον αφορά τα επίπεδα των ολικών φαινολικών συστατικών, η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση έδειξε ότι το γαλλικό και το χλωρογενικό οξύ είναι τα δύο φαινορικά συστατικά που επηρεάζουν σημαντικά τα επίπεδα των ολικών φαινολικών συστατικών (Πίνακας 17). Συγκεκριμένα, για 1 mg αύξησης του γαλλικού οξέος, τα ολικά φαινορικά συστατικά αυξάνονται κατά 1,61 mg, στα 100g δαμάσκηνων και με την προϋπόθεση ότι τα υπόλοιπα 3 φαινορικά συστατικά παραμένουν σταθερά. Αντίστοιχα, για κάθε 1 mg αύξησης του χλωρογενικού οξέος, τα ολικά φαινορικά συστατικά αυξάνονται κατά 1,89 mg, με την προϋπόθεση ότι η κατεχίνη, το γαλλικό και το πρωτοκατεχικό οξύ παραμένουν σταθερά. Παρατηρούμε ότι η επίδραση του χλωρογενικού οξέος στα συνολικά φαινορικά είναι πιο μεγάλη από αυτή του γαλλικού οξέος.

Πίνακας 17. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Folin-Ciocalteu και ανεξάρτητες την κατεχίνη, το γαλλικό, πρωτοκατεχικό και χλωρογενικό οξύ.

Regression Summary for Dependent Variable: Folin-Ciocalteu, R= ,94626842 R ² = ,89542391 Adjusted R ² = ,87869174 F(4,25)=53,515 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(25)	p-level
Intercept			136,7044	33,94846	4,02682	0,000462
Γαλλικό οξύ	0,598435	0,228617	1,6125	0,61603	2,61763	0,014816
Πρωτοκατεχικό οξύ	-0,263645	0,255389	-3,1887	3,08887	-1,03233	0,311804
Κατεχίνη	-0,058142	0,099554	-1,0861	1,85962	-0,58402	0,564440
Χλωρογενικό οξύ	0,613791	0,107853	1,8947	0,33293	5,69100	0,000006

Επαναλάβουμε το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης για το Folin-Ciocalteu θέτοντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο το γαλλικό και το χλωρογενικό οξύ, τα οποία φάνηκαν να επηρεάζουν σημαντικά τα επίπεδά του (Πίνακας 18). Από τον πίνακα επαληθεύουμε το γεγονός ότι και οι 2 αυτές μεταβλητές επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο των δαμάσκηνων. Επιπλέον προέκυψε η παρακάτω εξίσωση με R²= 0,89 η οποία υπολογίζει τα ολικά φαινολικά συστατικά με βάση την περιεκτικότητα των δαμάσκηνων σε χλωρογενικό και γαλλικό οξύ:

mg Ισοδυνάμου Γαλλικού οξέος = 118,29 + 1,063 (mg γαλλικού οξέος) + 1,849 (mg χλωρογενικού οξέος)

Πίνακας 18. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Folin-Ciocalteu και ανεξάρτητες το γαλλικό και το χλωρογενικό οξύ.

Regression Summary for Dependent Variable: Folin-Ciocalteu, R= ,94390818 R ² = ,89096266 Adjusted R ² = ,88288582 F(2,27)=110,31						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(25)	p-level
Intercept			118,2912	10,67190	11,08436	0,000000
Γαλλικό οξύ	0,394529	0,105041	1,0631	0,28304	3,75597	0,000841
Χλωρογενικό οξύ	0,599094	0,105041	1,8493	0,32425	5,70345	0,000005

Όταν θελήσαμε να εξετάσουμε το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την αντιοξειδωτική ικανότητα και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και το χρόνο, δεν προέκυψε κάποια στατιστικά σημαντική επίδραση των μεταβλητών αυτών στο DPPH (Πίνακας 19).

Πίνακας 19. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.

Regression Summary for Dependent Variable: DPPH, R= ,32049738 R ² = ,10271857 Adjusted R ² = ,03625328 F(2,27)=1,5454 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(27)	p-level
Intercept			172,4980	38,69229	4,458202	0,000131
Θερμοκρασία	-0,312411	0,361319	-0,7942	0,91850	-0,864640	0,394854
Χρόνος ξήρανσης	0,548791	0,361319	4,5967	3,02640	1,518856	0,140423

Ομοίως το μοντέλο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που εξετάζει τη συσχέτιση του Folin-Ciocalteu με τη θερμοκρασία και το χρόνο, δεν έδωσε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα (Πίνακας 20).

Πίνακας 20. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Folin-Ciocalteu και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.

Regression Summary for Dependent Variable: Folin-Ciocalteu, R= ,49874560 R ² = ,24874717 Adjusted R ² = ,19309882 F(2,27)=4,4700 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(27)	p-level
Intercept			-42,9325	91,74047	-0,467978	0,643556
Θερμοκρασία	0,641642	0,330612	4,2266	2,17778	1,940768	0,062794
Χρόνος ξήρανσης	-0,174587	0,330612	-3,7893	7,17568	-0,528071	0,601764

Όσον αφορά το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης της υγρασίας, παρατηρούμε ότι τόσο ο χρόνος όσο και η θερμοκρασία ξήρανσης επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά την υγρασία των δαμάσκημων (Πίνακας 21). Συγκεκριμένα, για κάθε 1 βαθμό Κελσίου αύξησης της θερμοκρασίας, με σταθερό το χρόνο ξήρανσης, παρατηρείται μείωση της υγρασίας κατά 0,79%. Ακόμη για σταθερή θερμοκρασία ξήρανσης, κάθε 1 ώρα παραπάνω παραμονής των δαμάσκημων στο φούρνο ξήρανσης, η υγρασία τους μειώνεται κατά 0,96%. Η γραμμική σχέση που εξηγεί τις αλλαγές στην υγρασία των δαμάσκημων είναι:

$$\text{Υγρασία}\% = 108,1653 - 0,7882 (\text{θερμοκρασία}) - 0,9593 (\text{χρόνος ξήρανσης})$$

Πίνακας 21. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τη υγρασία και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.

Regression Summary for Dependent Variable: Υγρασία%, R= ,95611714 R ² = ,91415999 Adjusted R ² = ,90780148 F(2,27)=143,77 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(27)	p-level
Intercept			108,1653	5,169516	20,92368	0,000000
Θερμοκρασία	-0,717796	0,111756	-0,7882	0,122717	-6,42288	0,000001
Χρόνος ξήρανσης	-0,265137	0,111756	-0,9593	0,404345	-2,37246	0,025053

Τέλος το μοντέλο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την ενεργότητα νερού και ανεξάρτητες το χρόνο και τη θερμοκρασία έδειξε ότι η ενεργότητα νερού αυξάνεται κατά 0,1 μονάδα για κάθε 0,78 βαθμούς Κελσίου μείωσης της θερμοκρασίας, με σταθερό το χρόνο ξήρανσης (Πίνακας 22).

Πίνακας 22. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την ενεργότητα νερού (Aw) και ανεξάρτητες τη θερμοκρασία και τον χρόνο ξήρανσης.

Regression Summary for Dependent Variable: Aw, R= ,82837032 R ² = ,68619739 Adjusted R ² = ,66295275 F(2,27)=29,521 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(27)	p-level
Intercept			1,227006	0,078759	15,57933	0,000000
Θερμοκρασία	-0,785704	0,213675	-0,006875	0,001870	-3,67709	0,001033
Χρόνος	-0,048990	0,213675	-0,001412	0,006160	-0,22927	0,820383

Από τις παραπάνω δοκιμές πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, και με βάση τα πειραματικά μας δεδομένα, προέκυψαν δύο εξισώσεις. Η μια προβλέπει την υγρασία των δαμάσκημων με βάση τη θερμοκρασία και το χρόνο ξήρανσης και η άλλη το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο με βάση τα ποσά του γαλλικού και του χλωρογενικού οξέος στο δείγμα:

- **Υγρασία% = 108,1653 – 0,7882 (θερμοκρασία) – 0,9593 (χρόνος ξήρανσης)**
- **mg Ισοδυνάμου Γαλλικού οξέος (ολικό φαινολικό περιεχόμενο) = 118,29 + 1,063 (mg γαλλικού οξέος) + 1,849 (mg χλωρογενικού οξέος)**

8.9 Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων

Οι πειραματικές τιμές επιλεγμένων μεταβλητών αναλύθηκαν μέσω της διαδικασίας της πολλαπλής παλινδρόμησης, με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων. Τα μοντέλα που προέκυψαν παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Δεν υπήρξε κάποιο μοντέλο με ικανοποιητικά επίπεδα R². Στους πίνακες που ακολουθούν όπου, v1=θερμοκρασία, v2=χρόνος, v3=DPPH, v9=γαλλικό οξύ, v10 = πρωτοκατεχικό οξύ, v11= κατεχίνη, v12 = χλωρογενικό οξύ.

Πίνακας 23. Μοντέλο 1: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.

Model is: $v_3 = b_1 \cdot v_1 + b_2 \cdot v_2 + b_3 \cdot v_1 \cdot v_2 + b_4 \cdot v_1^2 + b_5 \cdot v_2^2$ Dep. Var. : DPPH Level of confidence: 95.0% (alpha=0.050) Loss function: **least squares** Final value: **38873,93416852** Proportion of variance accounted for: **,33656858** R = **,580**

	Estimate	Standard - error	t-value - df = 25	p-level	Lo. Conf - Limit	Up. Conf - Limit
b1	8,5196	2,23189	3,81724	0,000791	3,9230	13,1163
b2	-42,0702	12,71658	-3,30830	0,002846	-68,2605	-15,8800
b3	0,3419	0,62347	0,54831	0,588344	-0,9422	1,6259
b4	-0,0727	0,07468	-0,97389	0,339439	-0,2265	0,0811
b5	0,7751	1,28400	0,60366	0,551507	-1,8693	3,4195

Πίνακας 24. Μοντέλο 2: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.

Model is: $v_3 = b_1 \cdot v_1 + b_2 \cdot v_2$ Dep. Var. : DPPH Level of confidence: 95.0% (alpha=0.050) Loss function: **least squares** Final value: **91279,62718533** Proportion of variance accounted for: **0** R = **0**

	Estimate	Standard - error	t-value - df = 28	p-level	Lo. Conf - Limit	Up. Conf - Limit
b1	465569	719258	427933	001900	99224	938903
b2	,808297	,587872	,225286	,323393	,15772	,541126

Πίνακας 25. Μοντέλο 3: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.

Model is: $v_3 = b_1 \cdot v_9 + b_2 \cdot v_{10} + b_3 \cdot v_{11} + b_4 \cdot v_{12}$ (statistika 110615.sta) Dep. Var. : DPPH Level of confidence: 95.0% (alpha=0.050) Loss function: **least squares** Final value: **68462,45753639** Proportion of variance accounted for: **0** R = **0**

	Estimate	Standard - error	t-value - df = 26	p-level	Lo. Conf - Limit	Up. Conf - Limit
b1	-0,984404	0,733780	-1,34155	0,191342	-2,49271	0,52390
b2	5,169797	3,271323	1,58034	0,126120	-1,55450	11,89410
b3	7,984339	0,753159	10,60113	0,000000	6,43620	9,53248
b4	1,256833	0,418544	3,00287	0,005845	0,39650	2,11716

Πίνακας 26. Μοντέλο 4: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολυωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.

Model is: $v_3 = b_0 + b_1 \cdot v_9 + b_2 \cdot v_{10} + b_3 \cdot v_{11} + b_4 \cdot v_{12}$ (statistika 110615.sta) Dep. Var. : DPPH Level of confidence: 95.0% (alpha=0.050) Loss function: **least squares** Final value: **37634,85306508** Proportion of variance accounted for: **,35771502** R = **,59809282**

	Estimate	Standard - error	t-value - df = 25	p-level	Lo. Conf - Limit	Up. Conf - Limit
b0	146,9280	32,46832	4,525274	0,000128	80,05829	213,7978
b1	-0,0873	0,58917	-0,148232	0,883348	-1,30075	1,1261
b2	-2,1398	2,95420	-0,724341	0,475581	-8,22413	3,9444
b3	0,3597	1,77854	0,202229	0,841375	-3,30330	4,0226
b4	1,0977	0,31841	3,447430	0,002014	0,44192	1,7535

Πίνακας 27. Μοντέλο 5: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.

Model is: $v_3 = b_0 + b_1 \cdot v_1 + b_2 \cdot v_2$ Dep. Var. : DPPH Level of confidence: 95.0% ($\alpha = 0.050$) Loss function: least squares Final value: 52576,43548789 Proportion of variance accounted for: ,10271857 R = ,32049738						
	Estimate	Standard - error	t-value - df = 27	p-level	Lo. Conf - Limit	Up. Conf - Limit
b0	172,4980	38,69229	4,458201	0,000131	93,10799	251,8880
b1	-0,7942	0,91850	-0,864640	0,394854	-2,67877	1,0904
b2	4,5967	3,02640	1,518856	0,140423	-1,61300	10,8063

Πίνακας 28. Μοντέλο 6: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εφαρμογή των δευτεροβάθμιων πολωνυμικών εξισώσεων με εξαρτημένη μεταβλητή το DPPH.

Model is: $v_3 = b_0 + b_1 \cdot v_1 + b_2 \cdot v_2 + b_3 \cdot v_1 \cdot v_2 + b_4 \cdot v_1^2 + b_5 \cdot v_2^2$ Dep. Var. : DPPH Level of confidence: 95.0% ($\alpha = 0.050$) Loss function: <u>least squares</u> Final value: 37092,26552988 Proportion of variance accounted for: ,36697494 R = ,60578457						
	Estimate	Standard - error	t-value - df = 24	p-level	Lo. Conf - Limit	Up. Conf - Limit
b0	380,0976	354,0116	1,073687	0,293640	-350,546	1110,742
b1	-11,1035	18,4114	-0,603079	0,552113	-49,103	26,896
b2	7,2569	47,6590	0,152267	0,880249	-91,106	105,620
b3	-0,2370	0,8228	-0,287991	0,775826	-1,935	1,461
b4	0,1081	0,1841	0,587038	0,562660	-0,272	0,488
b5	0,6908	1,2825	0,538619	0,595111	-1,956	3,338

Παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι σε ορισμένα μοντέλα παλινδρόμησης, μερικοί από τους συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί και κάποιοι όχι. Επιπλέον δεν προέκυψε κάποιο μοντέλο με ικανοποιητικό R^2 .

9. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν να αξιολογηθεί και να διερευνηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας και του χρόνου ξήρανσης στα επίπεδα των φαινολικών συστατικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας των δαμάσκηνων. Επιπλέον, απώτερος στόχος ήταν να καθοριστούν οι βέλτιστες συνθήκες ξήρανσης των δαμάσκηνων.

Αρχικά, η ενεργότητα νερού των αποξηραμένων δαμάσκηνων ήταν το κυριότερο κριτήριο για να αποδεχτούμε μια δοκιμή ξήρανσης. Συγκεκριμένα, βάση βιβλιογραφίας, ορίσαμε ως όριο αποδοχής της ενεργότητας νερού το 0,65. Οι δοκιμές που έδιναν αποδεκτά προϊόντα ήταν οι ξηράνσεις στους 80° C για 16 ώρες, 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες.

Σχετικά με την υγρασία, οι δοκιμές ξήρανσης στους 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες έδιναν τελικά προϊόντα με υγρασία κάτω από το 25% σε υγρή βάση.

Αναφορικά με τις χημικές αναλύσεις, η αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας (DPPH) των δειγμάτων έδειξε ότι το φρέσκο δαμάσκηνο διέφερε στατιστικά σημαντικά μόνο με τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 75° C για 14 ώρες (τα μικρότερα επίπεδα DPPH), ενώ σε γενικά πλαίσια η αντιοξειδωτική ικανότητα παρέμεινε σταθερή κατά τη θερμική επεξεργασία. Η εκτίμηση του συνολικού φαινολικού περιεχομένου (Folin-Ciocalteu) έδειξε ότι το φρέσκο προϊόν περιέχει στατιστικά μικρότερα ποσά ολικών φαινολικών συστατικών σε σχέση με τα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν στους 80° C για 16 ώρες, 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες.

Από την υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης προέκυψε ότι η κατεχίνη (φλαβαν-3-όλη), το γαλλικό, το πρωτοκατεχικό και το χλωρογενικό οξύ (φαινολικά οξέα) αποτελούν τα κύρια ανιχνεύσιμα φαινολικά συστατικά στα δαμάσκηνα. Αναλυτικότερα, η κατεχίνη φάνηκε να παραμένει σε σταθερά επίπεδα κατά τη θερμική επεξεργασία και υποβαθμίστηκε σε μηδενικό επίπεδο μόνο όταν τα δαμάσκηνα αποξηράνθηκαν στους 90° C για 16 ώρες. Το γαλλικό οξύ, από την άλλη, αυξήθηκε με την επίδραση της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα τα υψηλότερα επίπεδα γαλλικού παρατηρήθηκαν στις συνθήκες ξήρανσης 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες, με τον τελευταίο συνδυασμό να δίνει την στατιστικά υψηλότερη συγκέντρωση γαλλικού οξέος. Επίσης, το πρωτοκατεχικό οξύ στο φρέσκο δαμάσκηνο φαίνεται να είναι στατιστικά πιο χαμηλό σε σχέση με το πρωτοκατεχικό οξύ στα δαμάσκηνα που αποξηράνθηκαν

στις συνθήκες 85°C για 14 ώρες, 85°C για 18 ώρες και 90°C για 16 ώρες. Όπως και τα άλλα δύο φαινολικά οξέα, έτσι και το χλωρογενικό οξύ, που αποτελεί το κυριότερο φαινολικό συστατικό των δαμάσκηνων μετά το νεοχλωρογενικό (Donovan *et al.*, 1998), αυξήθηκε κατά τη θερμική επεξεργασία. Συγκεκριμένα το φρέσκο δαμάσκηνο διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις δοκιμές στους 80° C για 16 ώρες, 80° C για 20 ώρες, 85° C για 14 ώρες, 85° C για 18 ώρες και 90° C για 16 ώρες.

Επιπλέον, προέκυψαν κάποιες συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι η συσχέτιση του ολικού φαινολικού περιεχομένου με τα τρία φαινολικά οξέα ξεχωριστά, της θερμοκρασίας με την τελική υγρασία των δαμάσκηνων, της υγρασίας με την ενεργότητα νερού καθώς και η συσχέτιση του γαλλικού οξέος με το πρωτοκατεχικό οξύ.

Ακόμη από την ανάλυση πρώτων παραγόντων είδαμε ότι η συσχέτιση μεταξύ των ολικών φαινολών και των τριών φαινολικών οξέων είναι ευθέως ανάλογη, ενώ και τα τέσσερα αυτά στοιχεία είναι αντιστρόφως ανάλογα της κατεχίνης. Ακόμη τα επίπεδα του DPPH φαίνεται να είναι ανάλογα της θερμοκρασίας και του χρόνου ξήρανσης και αντιστρόφως ανάλογα της υγρασίας και της ενεργότητας νερού. Επιπρόσθετα η υγρασία και η ενεργότητα νερού είναι αντιστρόφως ανάλογες της θερμοκρασίας και του χρόνου ξήρανσης.

Μέσα από την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση και με βάση τα πειραματικά μας δεδομένα, προέκυψαν δυο μοντέλα που εξηγούν με μεγάλη ακρίβεια τις τιμές που μπορεί να πάρει η υγρασία και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο, βάση συγκεκριμένων μεταβλητών που σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με αυτές. Οι εξισώσεις είναι οι εξής:

$$- \text{Υγρασία}\% = 108,1653 - 0,7882 (\text{θερμοκρασία}) - 0,9593 (\text{χρόνος ξήρανσης})$$

και

$$- \text{mg Ισοδυνάμου Γαλλικού οξέος (ολικό φαινολικό περιεχόμενο)} = 118,29 + 1,063 (\text{mg γαλλικού οξέος}) + 1,849 (\text{mg χλωρογενικού οξέος})$$

Τα αποτελέσματά που αφορούν το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο των δαμάσκηνων που αξιολογήθηκε από τη μέθοδο Folin- Ciocalteu, έδειξαν ότι όσο αυξανόταν η θερμοκρασία ξήρανσης τόσο αυξανόταν και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο. Αυτά έρχονται να συμφωνήσουν με τους Guíhria *et al.* (2007) οι οποίοι παρατήρησαν ότι βελτιώνεται το φαινολικό περιεχόμενο κατά τη θερμική επεξεργασία των προϊόντων, λόγω της διάσπασης των δεσμευμένων μορφών των φαινολικών συστατικών (εστεροποιημένες και γλυκοζυλιωμένες μορφές), με αποτέλεσμα την αύξηση των ελεύθερων μορφών τους που ανιχνεύονται στο τελικό εκχύλισμα. Ένας ακόμη

πιθανός λόγος για την αύξηση των ολικών φαινολικών συστατικών είναι η μείωση ή η παρεμπόδιση της ενζυματικής οξειδωσης των αντιοξειδωτικών συστατικών των φυτικών οργανισμών (π.χ. δαμάσκηνα) (Dewanto *et al.*, 2002; Nicoli *et al.*, 1999). Τέλος ο Robards και οι συνεργάτες του (1999) αναφέρουν ότι η αύξηση των ολικών φαινολικών συστατικών μπορεί να οφείλεται στην αύξηση των επιπέδων των σύνθετων πολυφαινολών κατά την μεταγενέστερη φάση της αντίδρασης αμαύρωσης.

Σχετικά με τα επιμέρους φαινολικά συστατικά που ανιχνεύτηκαν, έχει φάνει ότι η ξήρανση των δαμάσκηνων σε θερμοκρασίες γύρω στους 60° C προκαλούν υποβάθμιση του προϊόντος ως προς τα υδροξυκινναμωμικά οξέα (νεοχλωρογενικό και χλωρογενικό οξύ) που αποτελούν και τα κύρια φαινολικά συστατικά των δαμάσκηνων, ενώ η ξήρανση σε θερμοκρασίες άνω των 85°C, αυξάνει τα υδροξυκινναμωμικά οξέα (Piga *et al.* 2003; Madrau *et al.*, 2010; Miletic *et al.*, 2013).

Αναφορικά με το γαλλικό οξύ στα αποξηραμένα δαμάσκηνα, παρατηρείται μια αύξηση κατά τη θερμική επεξεργασία (Miletic *et al.*, 2013). Αυτή η αύξηση του γαλλικού οξέος πιθανότατα οφείλεται στη θερμική υποβάθμιση φαινολικών συστατικών όπως οι γαλλοτανίνες ή στην υποβάθμιση των εστέρων και των γλυκοζιτών γαλλικού οξέος, με αποτέλεσμα την «απελευθέρωση» αυτού (Harborne, 1998; Muchuweti *et al.* 2005).

Σύμφωνα με τον Bunea *et al.* (2008), τα φαινολικά οξέα αποτελούν σταθερότερες θερμικά ενώσεις συγκριτικά με τα υπόλοιπα φαινολικά συστατικά και γι' αυτό ανιχνεύονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον πιθανολογείται ότι με τη θερμική επεξεργασία καταστρέφονται οι υπερμοριακές δομές που περιέχουν τα φαινολικά οξέα με αποτέλεσμα αυτά να απελευθερώνονται εύκολα από τη δομή του τροφίμου. Γενικότερα η επεξεργασία των λαχανικών και των φρούτων έχει φανεί να οδηγεί σε καταστροφή των μοριακών και κυτταρικών δομών των φυτικών κυττάρων με αποτέλεσμα να αυξάνουν τη διαθεσιμότητα των βιοδραστικών ενώσεων (Van het Hof *et al.*, 2000).

Πιο συγκεκριμένα, η υποβάθμιση των υδροξυκινναμωμικών οξέων στη χαμηλότερη θερμοκρασία (παρουσία αέρα και οξυγόνου) μπορεί να επηρεάζεται από την ενζυμική δράση της πολυφαινολοξειδάσης (PPO- ένζυμο που υποβαθμίζει τα φαινολικά συστατικά στα φρούτα και στα λαχανικά). Φαίνεται ότι η δραστηριότητα του ενζύμου αυτού κατά τη διάρκεια της ξήρανσης παραμένει σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία περίπου 55° C, ενώ σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 75°C η δραστηριότητα του ενζύμου μειώνεται (Raynal *et al.*, 1989a).

Ωστόσο τα φλαβονοειδή και κατ' επέκταση η κατεχίνη δεν επηρεάζονται από τη δράση της πολυφαινολοξειδάση καθώς δεν αποτελούν βασικό υπόστρωμα για το ένζυμο, αφού δεν δρα άμεσα στους γλυκοζίτες τους (Baruah *et al.*, 1959). Επιπλέον οι φλαβο-3-όλες, όπως η κατεχίνη, αποτελούν θερμικά σταθερές ενώσεις συγκριτικά με τα υπόλοιπα φλαβονοειδή (Bravo, 1998). Αυτό σε ένα βαθμό δικαιολογεί το γεγονός ότι ήταν το μοναδικό φλαβονοειδές που εντοπίστηκε σε σημαντικές ποσότητες.

Σχετικά με την αντιοξειδωτική ικανότητα των αποξηραμένων δαμάσκηνων, στην πλειοψηφία των δειγμάτων, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το φρέσκο. Ο Piga και οι συνεργάτες του (2003) κάνοντας αναλύσεις για την αντιοξειδωτική ικανότητα των αποξηραμένων δαμάσκηνων είδαν ότι στη ποικιλία Sugar, όσο αυξανόταν η θερμοκρασία ξήρανσης, τόσο αυξανόταν και η αντιοξειδωτική ικανότητα των δαμάσκηνων. Στην ποικιλία President παρατηρήθηκε μια πτώση της αντιοξειδωτικής ικανότητας στους 60° C, συγκριτικά με το φρέσκο δαμάσκηνο, ενώ στους 85° C ξήρανσης, η αντιοξειδωτική ικανότητα ήταν σημαντικά αυξημένη. Παράλληλα και ο Miletic *et al.* (2013) παρατήρησε αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας στην ξήρανση στους 90 ° C και στις δύο ποικιλίες δαμάσκηνων που μελέτησε ("Valjevka και Mildora). Η παρατηρούμενη αυξανόμενη τάση της αντιοξειδωτικής ικανότητας κατά την αύξηση της θερμοκρασίας ξήρανσης, μπορεί να οφείλεται στα εξής δύο φαινόμενα:

- Οι πολυφαινόλες σε ένα ενδιάμεσο στάδιο οξείδωσης έχουν παροδικά υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα απ' ότι έχουν πριν την οξείδωση (Cheigh & Lee, 1995).
- Λόγω της παρουσίας σακχάρων και πρωτεϊνικών μορίων στα δαμάσκηνα, σε υψηλές θερμοκρασίες πραγματοποιούνται αντιδράσεις μη ενζυμικής αμαύρωσης Maillard, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται νέες ενώσεις με υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Μια τέτοια ένωση αποτελεί η υδροξυμεθυλοφουρφουράλη (HMF) (Madrau *et al.*, 2010).

Συνοψίζοντας, σχετικά με την αριστοποίηση της διαδικασίας ξήρανσης, επιλέξαμε να συμπεριλάβουμε στις παραμέτρους αριστοποίησης την ενεργότητα νερού και την υγρασία των δαμάσκηνων καθώς και τα επίπεδα ολικών φαινολικών συστατικών (Folin-Ciocalteu) και την αντιοξειδωτική ικανότητα των δαμάσκηνων. Στον παρακάτω πίνακα είναι σημειωμένες με θετικό πρόσημο οι δοκιμές που πληρούσαν τις προδιαγραφές για την υγρασία και την ενεργότητα νερού ($A_w < 0,65$ και υγρασία $< 25\%$), καθώς και αυτές με τα υψηλότερα επίπεδα φαινολικών συστατικών και αντιοξειδωτικής ικανότητας.

Πίνακας 29. Συνοπτικός πίνακας για τη επιλογή των βέλτιστων συνθηκών ξήρανσης των δαμάσκηνων.

Δοκιμές ξήρανσης	Aw (ενεργότητα νερού)	% υγρασία σε υγρή βάση	DPPH (αντιοξειδωτική ικανότητα)	Folin-Ciocalteu (ολικό φαινολικό περιεχόμενο)	Βέλτιστες συνθήκες ξήρανσης δαμάσκηνων
70°C για 16 ώρες	-	-	+	-	-
75°C για 14 ώρες	-	-	-	-	-
75°C για 18 ώρες	-	-	+	-	-
80°C για 12 ώρες	-	-	+	-	-
80°C για 16 ώρες	+	-	+	+	-
80°C για 20 ώρες	+	+	+	+	+
85°C για 14 ώρες	+	+	+	+	+
85°C για 18 ώρες	+	+	+	+	+
90°C για 16 ώρες	+	+	+	+	+

Από το πίνακα 29 προκύπτει ότι οι βέλτιστες συνθήκες ξήρανσης των δαμάσκηνων, όπου έχουμε ιδανικά ποσά υγρασίας και ενεργότητας νερού για τη διατήρηση του προϊόντος και τη μη αλλοίωση του, καθώς και υψηλά ποσά ολικών φαινολικών συστατικών και αντιοξειδωτικής ικανότητας, εντοπίζονται στους 80°C για 20 ώρες, 85°C για 14 ώρες, 85°C για 18 ώρες, 90°C για 16 ώρες (με την ξήρανση στις μεγαλύτερες θερμοκρασίες να αποδίδει μεγαλύτερο φαινολικό φορτίο).

Ως προς τους περιορισμούς της μελέτης, αρχικά δεν διαθέταμε πρότυπο διάλυμα νεοχλωρογενικού οξέος, το φαινολικό οξύ που αποτελεί το κύριο και χαρακτηριστικό φαινολικό συστατικό των δαμάσκηνων. Σε μια δεύτερη φάση, θα επιχειρούσαμε να εξασφαλίσουμε δαμάσκηνα της ποικιλίας d'Agen, τα οποία αποτελούν τα παραδοσιακά δαμάσκηνα της Σκοπέλου, η οποία είναι διεθνώς γνωστή για την παραγωγή και διακίνηση Ελληνικών αποξηραμένων δαμάσκηνων. Ιδανικά, θα θέλαμε οι ξηράνσεις να πραγματοποιηθούν σε ειδικούς φούρνους αέρα που προορίζονται αποκλειστικά για ξήρανση και για να έχουμε τη δυνατότητα να ελέγξουμε τη σχετική υγρασία του φούρνου καθώς και την ταχύτητα του αέρα. Τέλος εάν οι ξηράνσεις είχαν πραγματοποιηθεί σε βιομηχανικές συνθήκες πιο ασηπτικές θα μπορούσαμε να πραγματοποιήσουμε οργανοληπτικό έλεγχο.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων έδειξαν ότι από τους 80° C και πάνω τα φαινολικά οξέα αυξάνονται στο τρόφιμο. Η βιβλιογραφία δεν είναι ξεκάθαρη γύρω από το τι συμβαίνει στις υψηλές θερμοκρασίες και αυξάνονται τα συστατικά αυτά. Επομένως θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν μελέτες για την εξακρίβωση των μηχανισμών επιρροής της θερμοκρασίας στα φαινολικά οξέα. Τέλος η βελτιστοποίηση που κάναμε στη διαδικασία ξήρανσης των δαμάσκηνων μπορεί να χρησιμοποιηθεί από συνεταιρισμούς και βιομηχανίες που ασχολούνται με τη ξήρανση του συγκεκριμένου προϊόντος με στόχο την παραγωγή ασφαλών προϊόντων με υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

10.1 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Abdelhaq, E. H., & Labuza, T. P. (1987). Air drying characteristics of apricots. *Journal of Food Science*, 52(2), 342–345.

Adams M.R. & Moss M.O. (2008) *Food Microbiology*, 3rd Edition, RSC Publishing, London, UK.

Arjmandi, B. H., Lucas, E. A., Juma, S., Soliman, A., Stoecker, B. J., Khalil, D. A., Smith, B. and Wang, C. (2001). Dried plums prevent ovariectomy-induced bone loss in rats. *J. Am. Nutraceutical Assoc.* 4:50–56.

Arjmandi, B. H., Khalil, D. A., Lucas, E. A., Georgis, A., Stoecker, B. J., Hardin, C., Payton, M. E. and Wild, R. A. (2002). Dried plums improve indices of bone formation in postmenopausal women. *J. Womens Health Gender Based Med.* 11:61–68.).

Arjmandi, B. H., Hooshmand, S., Chai, S. C., Saadat, R. L., Devareddy, L. and Brummel-Smith, K. (2007). A year-long study to demonstrate the bone reversal efficacy of dried plums in postmenopausal women. *J. Bone Miner. Res.* 22:S214.

Arnous, A., Makris, D. P., & Kefalas, P. (2002). Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 655-665.

Attaluri A., Donahoe R., Valestin J, Brown K. and Rao S. S. C. Randomised clinical trial: dried plums (prunes) vs. psyllium for constipation. *Aliment Pharmacol Ther* 2011; 33: 822–828

Badary, O. A., Awad, A. S., Sherief, M. A. and Hamada, F. M. A. (2006). In vitro and in vivo effects of ferulic acid on gastrointestinal motility: Inhibition of cisplatin-induced delay in gastric emptying in rats. *World J. Gastroenterol.* 12:5363–5367.

Bauer, L. L. and Fahey, G. C. (2004). *Chemical Composition of Selected Plum Products*. Report to California Dried Plum Board, Sacramento, CA.

Baruah, P. & Swain, T. (1959). Action of potato phenolase on flavanoid compounds. *J. Sci. Food Agric.* 10, 125–130.

Bravo, L. (1998). Polyphenol: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56, 317–333.

- Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhe', R., & Camp, J. V. (2008). Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chemistry*, 108, 649–656.
- California Prune Board. Buyer's Guide. Pleasanton, CA. 1997
- Cheigh, H.S., UM, S.H. & Lee, C.Y., (1995). Antioxidant characteristics of melanin-related products from enzymatic browning reaction of catechin in a model system. In *Enzymatic Browning and Its Prevention* (C.Y. Lee and R. Whitaker, eds.) pp. 200–208, ACS Symp. Ser. 600, American Chemical Society, New York, NY.
- Chinese Institute of Nutrition and Food Safety. (2005, Oct. 24). Institute of Nutrition and Food Safety, Inspection Report, Sample No. 200503024. Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing, China).
- Chun, O. K. & Kim D.O. (2004). Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Res. Int.* 37:337–342.
- Cinquanta, L., Di Matteo, M., & Esti, M. (2002). Physical pre-treatment of plums (*Prunus domestica*). Part 2. Effect on the quality characteristics of different prune cultivars. *Food Chemistry*, 79, 233–238.
- Cummings, J. H., Bingham, S. A., Heaton, K. W. and Eastwood, M. A. (1992). Fecal weight, colon cancer risk, and dietary intake of nonstarch polysaccharides (dietary fiber). *Gastroenterology* 103:1783–1789.
- Del Caro, A., Piga, A., Pinna, I., Fenu, P. M. and Aggabio, M. (2004). Effect of drying conditions and storage period on polyphenolic content, antioxidant capacity, and ascorbic acid of prunes. *J. Agric. Food Chem.* 52:4780–4784.
- Devirian, T. A. and Volpe, S. L. (2003). The physiological effects of dietary boron. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 43:219–231.
- Dewanto, V., Wu, X., Adam, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3010–3014.
- Deyhim, F., Stoecker, B. J., Brusewitz, G. H., Devareddy L. and Arjmandi, B. H. (2005). Dried plum reverses bone loss in an osteopenic rat model of osteoporosis. *Menopause* 12:755–762.

- Dikeman, C. L., Bauer, L. L. and Fahey, G. C. (2004). Carbohydrate composition of selected plum/prune preparations. *J. Agric. Food Chem.* 52:853–859
- Di Matteo M., Cinquanta L., Galiero G., Crescitelli S. (2002) Physical pre-treatment of plums (*Prunus domestica*). Part 1. Modelling the kinetics of drying. *Food Chemistry* 79:227–232
- Dincer, I. (1996). Sun drying of sultana grapes. *Drying Technology*, 14(7–8), 1827–1838.
- Donovan J.L., Meyer A.S. & Waterhouse A.L. (1998). Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Prunes and Prune Juice (*Prunus domestica*). *J. Agric. Food Chem.* 46, 1247-1252.
- Doymaz, I. (2004). Effect of dipping treatment on air drying of plums. *Journal of Food Engineering.* 64:465–470
- Ertekin, C., Gozlekci, S., Kabas, O., Sonmez, S. and Akinci, I. (2006). Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *J. Food Engineer.* 75:508–514
- Fang, N., Yu, S. and Prior, R. L. (2002). LC/MS/MS characterization of phenolic constituents in dried plums. *J. Agric. Food Chem.* 50:3579–3585.
- Fatimi, A., Ralet, M.-C., Crepeau, M. J., Rashidi, S. and Thibault, J.-F. (2007). Dietary fibre content and cell wall polysaccharides in prunes. *Sci. Aliments* 27:423–429.)
- Farajian, P., Katsagani, M. and Zampelas, A. (2010). Short-term effects of a snack including dried prunes on energy intake and satiety in normal weight individuals. *Eat. Behav.* 11:201–203
- Feldman, J. M. and Lee, E. M. (1985). Serotonin content of foods: Effect on urinary excretion of 5-hydroxyindoleacetic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* 42:639–643.
- Franklin, M., Bu, S. B., Lerner, M. R., Lancaster, E. A., Bellmer, D., Marlow, D., Lightfoot, S. A., Arjmandi, B. H., Brackett, D. J., Lucas, E. A. and Smith, B. J. (2006). Dried plum prevents bone loss in a male osteoporosis model via ICF I and the RANK pathway. *Bone* 39:1331–1342
- Fujii, T., Ikami, T., Xu, J. W. and Ikeda, K. (2006). Prune extract (*Prunus domestica* L.) suppresses the proliferation and induces the apoptosis of human colon carcinoma Caco-2. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 52:389–391
- Fung, D. Y. C. and Thompson, L. (2009). “Natural” suppression of the growth of foodborne pathogens in meat products. *Int. Rev. Food Sci. Technol.* 1:80–81.
- Furchner-Evanson, A., Petrisko, Y., Howarth, L. S., Nemoseck, T. and Kern, M. (2010). Type of snack influences satiety responses in adult women. *Appetite* 54:564–569

- Gallaher, C. M. and Gallaher, D. D. (2009). Dried plums (prunes) reduce atherosclerosis lesion area in apolipoprotein E-deficient mice. *Br. J. Nutr.* 101:233–239.
- Guihua, X., Xingquian, Y., Jiachu, C., & Donghong, L. (2007). Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 330–335.
- Goyal R.K., Kingsly A.R.P, Manikantan M.R. & Ilyas S.M. (2007). Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. *Journal of Food Engineering*. 79:176–180.
- Grabitske, H. A. and Slavin, J. L. (2009). Gastrointestinal effects of lowdigestible carbohydrates. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49:327–360.
- Harborne JB (1998) *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis*, 3rd edn. Chapman and Hall, London, pp 4, 16, 40, 42–47, 49–55, 151–157, 235–236
- Hooshmand S., Arjmandi B.H., 2009, Viewpoint: Dried plum, an emerging functional food that may effectively improve bone health. S. Hooshmand, B.H. Arjmandi / *Ageing Research Reviews* 8 (2009) 122–127
- Howarth, L. S., Petrisko, Y., Furchner-Evanson, A., Nemoseck, T. and Kern, M. (2010). Snack selection influences nutrient intake, triglycerides and bowel habits in adult women: A pilot study. *J. Am. Diet. Assoc.* 110:1322– 1327
- Institute of Medicine (2005). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*. National Academy Press, Washington, DC
- Jazini, M.H. and Hatamipour M.S. (2010). A new physical pretreatment of plum for drying. *food and bioproducts processing* 88;133–137.
- Kahlon, T. S. and Smith, G. E. (2007). In vitro binding of bile acids by blueberries (*Vaccinium* spp.), plums (*Prunus* spp.), prunes (*Prunus* spp.), strawberries (*Fragaria X ananassa*), cherries (*Malpighia punicifolia*), cranberries (*Vaccinium macrocarpon*) and apples (*Malus sylvestris*). *Food Chem.* 100:1182–1187.
- Karathanos V. T. (1999). Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. *Journal of Food Engineering*. 39: 337-344.
- Karathanos, V. T., & Belessiotis, V. G. (1997). Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering*, 31, 35–46.

- Kayano, S., Kikuzaki, H., Fukutsuka, N., Mitani, T. and Nakatani, N. (2002). Antioxidant activity of prune (*Prunus domestica* L.) constituents and a new synergist. *J. Agric. Food Chem.* 50:3708–3712.
- Kayano, S., Yamada, N. F., Suzuki, T., Ikami, T., Shioaki, K., Kikuzaki, H., Mitani, T. and Nakatani, N. (2003b). Quantitative evaluation of antioxidant components in prunes (*Prunus domestica* L.). *J. Agric. Food Chem.* 51:1480–1485
- Kayano, S., Kikuzaki, H., Ikami, T., Suzuki, T., Mitani, T. and Nakatani, N. (2004b). A new bipyrrole and some phenolic constituents in prunes (*Prunus domestica* L.) and their oxygen radical absorbance capacity (ORAC). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68:942–944.
- Keast, D. R. & Jones, J. M. (2009). Dried fruit consumption associated with reduced overweight or obesity adults: NHANES, 1999–2004. *FASEB J.* 23:LB511
- Kikuzaki, H., Kayano, S., Fukutsuka, N., Aoki, A., Kasamatsu, K., Yamasaki, Y., Takahiko, M. and Nakatani, N. (2004). Absciscic acid related compounds and lignans in prunes (*Prunus domestica* L.) and their Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC). *J. Agric. Food Chem.* 52:344–349.
- Kostaropoulos, A. E., & Saravacos, G. D. (1995). Microwave pre-treatment for sun-dried raisins. *Journal of Food Science*, 60(2), 344–347.
- Lever et al., (2014). (E. Lever*, J. Cole*, S. M. Scott†, P. W. Emery* & K. Whelan*.2014. Systematic review: the effect of prunes on gastrointestinal function. *Aliment Pharmacol Ther* 2014; 40: 750–758
- Livesey, G. (2001). Tolerance of low-digestible carbohydrates: a general view. *Br. J. Nutr.* 85(Suppl 1):S7–S16.
- Livesey, G. (2003). Health potential of polyols as sugar replacers with emphasis on low glycaemic properties. *Nutr. Res. Rev.* 16:163–191.
- Lucas, E. A., Hammond, L. J., Mocanu, V., Arquitt, A. B., Trolinger, A., Khalil, D., Smith, B. J., Soung, D. Y., Daggy, B. P. and Arjmandi, B. H. (2004). Daily consumption of dried plum by postmenopausal women does not cause undesirable changes in bowel function. *J. App. Res.* 4: 37–43.
- Madrau, M.A., Sanguinetti, A.M., Del Caro A., Fadda C., Piga A., (2010). Contribution of melanoidins to the antioxidant activity of prunes. *Journal of Food Quality* 33:155–170

- Menges H.O. & Ertekin C. (2006) Thin layer drying model for treated and untreated Stanley plums. *Energy Conversion and Management*. 47:2337–2348
- Miletic N., Mitrovic O., Popovic B., Nedovic V., Zlatkovic B. & Kandic M. (2013). Polyphenolic content and antioxidant capacity in fruits of plum (*Prunus domestica* L.) cultivars “Valjevka” and “Mildora” as influenced by air drying. *Journal of Food Quality*. 36:229–237.
- Muchuwetti, M., Zenda, G., Ndhlala, A.R. & Kasiyamhuru, A. (2005). Sugars, organic acid and phenolic compounds of *Ziziphus mauritiana* fruit. *Eur. Food Res. Technol.* 221, 570–574.
- Muller-Lissner SA, Kaatz V, Brandt W, Keller J, Layer P. The perceived effect of various foods and beverages on stool consistency. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 2005; 17: 109–12.).
- Nakatani, N., Kayano, S., Kikuzaki, H., Sumino, K., Katagiri, K. and Mitani, T. (2000). Identification, quantitative determination, and antioxidative activities of chlorogenic acid isomers in prune (*Prunus domestica* L.). *J. Agric. Food Chem.* 48:5512–5516.
- Negishi, H., Onobayashi, Y., Xu, J.-W., Njelekela, M. A., Kobayakawa, A., Yasui, N., Yamamoto, J., Ikami, T., Ikeda, K. and Yamori, Y. (2007). Effects of prune extracts on blood pressure elevation in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Clin. Experim. Pharmacol. Physiol.* 34:S47–S48.
- Newman, G.M., Price W.E. & Woolfb L.A. (1996). Factors influencing the drying of prunes 1. Effects of temperature upon the kinetics of moisture loss during drying. *Food Chemistry*, 57: 2, 241-244.
- Nicoli, M. C., Anes, M., Parpinel, M. T., & Franceschi, S. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 10, 94–100.
- Nijhuis, H. H., Torringa, H. M., Muresan, S., Yuksel, D., Leguijt, C., & Kloek, W. (1998). Approaches to improving the quality of dried fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 13–20
- Norrato, G., Porter, W., Byrne, D. and Cisneros-Zevallos, L. (2009). Identifying peach and plum polyphenols with chemopreventive potential against estrogen-independent breast cancer cells. *J. Agric. Food Chem.* 57:5219–5226.
- Olsson, M. E., Gustavsson, K.-E., Andersson, S., Nilsson, Å., Duan, R.-D. (2004). Inhibition of cancer cell proliferation in vitro by fruit and berry extracts and correlations with antioxidant levels. *J. Agric. Food Chem.* 52:7264–7271

- Pala, M., Mahmutoglu, T., & Saygi, B. (1996). Effects of pretreatments on the quality of open-air and solar dried apricots. *Nahrung*, 40, 137–141.
- Piga, A., Del Caro, A. and Cirda, G. (2003). From plums to prunes: Influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 51:3675–3681.
- Price, W. E., Sabarez, H. T., Storey, R., & Back, P. J. (2000). Role of the waxy skin layer in moisture loss during dehydration of prunes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4193–4198.
- Prior, R. L., Gu, L., Wu, X., Jacob, R. A., Sotoudeh, G., Kader, A. A. and Cook, R. A. (2007). Plasma antioxidant capacity changes following a meal as a measure of the ability of a food to alter in vivo antioxidant status. *J. Am. Coll. Nutr.* 26:170–181.
- Raynal, J., Moutounet, M. & Souquet, J.M. (1989). Intervention of phenolic compounds in plum technology. 1. Changes during drying. *J. Agric. Food Chem.* 37, 1046–1050.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20, 933–956.
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P., & Glover, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidant processes in fruits. *Food Chemistry*, 66, 41–436.
- Rodriguez de Sotillo, D. V. and Hadley, M. (2002). Chlorogenic acid modifies plasma and liver concentrations of: Cholesterol, triacylglycerol, and minerals in (fa/fa) Zucker rats. *J. Nutr. Biochem.* 13:717–726.
- Ryley, J. & Kayda, P. (1993). Vitamins in thermal processing. *Food Chem.* 49:119-129
- Sabarez, H. T. & Price, W. E., Back, P. J., & Woolf, L. A. (1997). Modelling the kinetics of d'Agen plums (*Prunus domestica*). *Food Chemistry*, 60(1), 371–382.
- Sabarez, H. T., Price, W. E. (1999). A diffusion model for prune dehydration. *Journal of Food Engineering*. 42:167-172
- Sabarez, H.T. (2012). Computational modelling of the transport phenomena occurring during convective drying of prunes. *Journal of Food Engineering*. 111:279–288
- Sacilik K., Elicin A.K. & Unal G. (2006). Drying kinetics of Uryani plum in a convective hot-air dryer. *Journal of Food Engineering*. 76, 362–368

Salvador, M. T., Murillo, M. D., Rodriguez-Yoldi, M. C., Alcalde, A. I., Mesonero, J. E. and Rodriguez-Yoldi, M. J. (2000). Effects of serotonin on the physiology of the rabbit small intestine. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 78:359–366.

Stacewicz-Sapuntzakis M. (2013). Dried Plums and Their Products: Composition and Health Effects—An Updated Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 1277–1302.

Suares NC, Ford AC (2011). Prevalence of, and risk factors for, chronic idiopathic constipation in the community: systematic review and meta-analysis. *Am J Gastroenterol.* 106: 1582–91

Suares NC, Ford AC. (2011). Systematic review: the effects of fibre in the management of chronic idiopathic constipation. *Aliment Pharmacol Ther*; 33:895–901.

Tarhan, S. (2007). Selection of chemical and thermal pretreatment combination for plum drying at low and moderate drying air temperatures. *Journal of Food Engineering* 79; 255–260.

United States Department of Agriculture Agricultural Research Service National Nutrient Database for Standard Reference Release 27

United States Department of Agriculture Database for the Flavonoid Content of Selected Foods, Release 3.1

Van het Hof, K. H., de Boer, B. C. J., Tijburg, L. B. M., Lucius, B. R. H. M., Zijp, I., West, C. E., Hautvast, J. G. A. J., & Weststrate, J. A. (2000). Carotenoid bioavailability in humans from tomatoes processed in different ways determined from the carotenoid response in the triglyceride-rich lipoprotein fraction of plasma after a single consumption and in plasma after four days of consumption. *Journal of Nutrition*, 130, 1189–1196.

Walkowiak-Tomczak, D. (2008b). Effects of plum drying on polyphenol content and antioxidant activity. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI:562–566. (Polish)

Weitz, D. A., Luque, E. A., & Piacentini, R. D. (1990). Solar drying simulation of prunes arranged in thin layers. *Drying Technology*, 8(2), 287–303.

Wilford L.G., Sabarez H., Price W.E. (1997). Kinetics of carbohydrate change during dehydration of d'Agen prunes. *Food Chem* 1997; 59: 149–155.

Yang Y. and Gallaher D.D. (2005) Effect of Dried Plums on Colon Cancer Risk Factors in Rats. *Nutrition and cancer.* 53(1), 117–125

Zittermann, A. (2001). Effects of vitamin K on calcium and bone metabolism. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 4:483–487

10.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

Αρβανιτογιάννης Ι.Σ. & Μποσνέα Λ. (2001). Στοιχεία Τεχνολογίας, μεταποίησης και συσκευασίας τροφίμων. Μέρος Α, κεφάλαιο 9, Αφυδάτωση τροφίμων, σελ. 117-119 και σελ 121-129., university studio press

Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 536/2013 της Επιτροπής, της 11ης Ιουνίου 2013 , για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 432/2012 σχετικά με τη θέσπιση καταλόγου επιτρεπόμενων ισχυρισμών υγείας που διατυπώνονται για τα τρόφιμα, εξαιρουμένων όσων αφορούν τη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης ασθένειας και την ανάπτυξη και υγεία των παιδιών Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ

Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 25ης Οκτωβρίου 2011 σχετικά με την παροχή πληροφοριών για τα τρόφιμα στους καταναλωτές, την τροποποίηση των κανονισμών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΚ) αριθ. 1924/2006 και (ΕΚ) αριθ. 1925/2006 και την κατάργηση της οδηγίας 87/250/ΕΟΚ της Επιτροπής, της οδηγίας 90/496/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της οδηγίας 1999/10/ΕΚ της Επιτροπής, της οδηγίας 2000/13/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, των οδηγιών της Επιτροπής 2002/67/ΕΚ και 2008/5/ΕΚ και του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 608/2004 της Επιτροπής.

10.3 Ιστοσελίδες

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B1%CE%BC%CE%AC%CF%83%CE%BA%CE%B7%CE%BD%CE%BF> (Δαμάσκηνο)

<http://www.agrotikabook.gr/%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%BE%CE%B7%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CE%B4%CE%B1%CE%BC%CE%AC%CF%83%CE%BA%CE%B7%CE%BD%CE%B1-%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%BE%CE%B7%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CF%86%CF%81%CE%BF%CF%8D%CF%84%CE%B1>

(Αποξηραμένα δαμάσκηνα & αποξηραμένα φρούτα)

<http://skopelos-news.blogspot.gr/> (αποξηραμένα δαμάσκηνα)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας 30.Συνολικός πίνακας με τις όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν

Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (ώρες-h)	DPPH (Ισοδύναμα Trolox μmol /100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση)	FC (Ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE) mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση)	Γαλλικό οξύ (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση)	Πρωτοκατεχικό οξύ (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση)	Κατεχίνη (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση)	Χλωρογενικό οξύ (mg/100g δαμάσκηνου σε ξηρή βάση)	Υγρασία	Aw	Quality control
25	0	171,24	126,63	0,000	0,000	23,37	1,500	84,41	0,99	Μη αποδεκτό
25	0	171,87	118,06	0,000	0,000	12,26	0,855	84,41	0,99	Μη αποδεκτό
25	0	170,97	134,06	0,000	0,000	17,74	1,476	84,41	0,99	Μη αποδεκτό
70	16	156,73	176,52	0,292	0,168	15,77	9,672	44,23	0,823	Μη αποδεκτό
70	16	82,20	134,82	0,356	0,373	15,06	9,557	44,42	0,823	Μη αποδεκτό
70	16	201,06	172,16	0,511	0,000	15,35	13,889	45,71	0,823	Μη αποδεκτό
75	14	106,22	83,78	0,272	0,608	16,71	3,066	46,26	0,812	Μη αποδεκτό
75	14	59,89	73,38	0,290	0,816	15,62	0,479	45,96	0,812	Μη αποδεκτό
75	14	123,00	104,77	0,266	0,718	14,78	1,171	45,99	0,812	Μη αποδεκτό
75	18	222,82	126,18	0,128	0,000	13,67	1,601	32,45	0,741	Μη αποδεκτό
75	18	235,22	203,49	0,299	0,476	20,17	1,464	33,50	0,741	Μη αποδεκτό
75	18	203,70	128,37	0,651	1,409	14,57	2,110	32,73	0,741	Μη αποδεκτό
80	12	165,77	98,63	0,279	0,000	24,03	1,000	40,15	0,764	Μη αποδεκτό
80	12	106,68	95,97	0,208	0,325	16,63	0,897	38,24	0,764	Μη αποδεκτό
80	12	144,47	97,95	0,223	0,451	19,46	1,692	40,43	0,764	Μη αποδεκτό
80	16	220,32	264,84	3,750	0,858	14,06	53,991	27,93	0,655	Αποδεκτό
80	16	226,06	232,58	2,453	1,311	13,37	65,533	27,70	0,655	Αποδεκτό
80	16	232,27	243,42	4,034	1,337	12,29	63,851	28,59	0,655	Αποδεκτό
80	20	209,83	198,26	10,291	4,036	15,04	52,838	21,70	0,556	Αποδεκτό
80	20	201,02	223,14	13,532	4,876	14,73	65,938	19,47	0,556	Αποδεκτό
80	20	208,10	280,85	17,157	4,653	15,24	65,327	19,69	0,556	Αποδεκτό
85	14	205,87	286,05	73,090	3,657	23,71	51,543	24,22	0,603	Αποδεκτό
85	14	195,90	256,98	41,703	5,467	18,86	46,684	23,87	0,603	Αποδεκτό
85	14	209,99	270,56	58,095	13,602	15,29	85,694	22,84	0,603	Αποδεκτό
85	18	205,68	262,25	52,999	13,317	14,95	73,917	20,83	0,535	Αποδεκτό
85	18	201,06	458,08	60,133	9,500	16,36	80,875	19,79	0,535	Αποδεκτό
85	18	208,51	329,38	60,449	11,487	26,32	87,879	19,48	0,535	Αποδεκτό
90	16	172,23	449,46	132,964	36,774	0,00	97,784	15,83	0,466	Αποδεκτό
90	16	182,77	446,14	134,439	30,502	0,00	97,230	16,76	0,466	Αποδεκτό
90	16	184,27	444,71	137,703	26,664	0,00	104,283	16,93	0,466	Αποδεκτό