

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Σχολή Επιστημών Υγείας και Αγωγής

Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής

Υδατοδιαλυτές βιταμίνες σε ξηρά φρούτα της Μεσογείου

Πτυχιακή εργασία του Κουκουμάκη Ελευθέριου
(Α.Μ. 21143)

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Τριμελής επιτροπή

Καραθάνος Βάιος, Καθηγητής Φυσικοχημείας και Μηχανικής Τροφίμων
Μπόσκου Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής Οργάνωσης και Διαχείρισης Μονάδων
Διατροφής
Χίου Αντωνία, Επίκουρη Καθηγήτρια Χημικής Ανάλυσης και Σύνθεσης

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες	4
Περίληψη.....	5
Abstract	6
Σκοπός	7
Συντομογραφίες	8
Μέρος Α' : Θεωρητικό μέρος.....	9
Κεφάλαιο 1 ^ο : Υδατοδιαλυτές βιταμίνες	10
1.1 Βιταμίνη B1 ή θειαμίνη	10
1.2 Βιταμίνη B2 ή ριβοφλαβίνη	12
1.3 Νιασίνη.....	14
1.4 Παντοθενικό οξύ	15
1.5 Βιταμίνη B6	16
1.6 Φυλλικό οξύ	19
2.1 Διεργασίες πριν την ξήρανση.....	22
2.2 Ξήρανση.....	23
2.3 Διεργασίες μετά την ξήρανση	24
Κεφάλαιο 3 ^ο : Χαρακτηριστικά των αποξηραμένων τροφίμων	25
Κεφάλαιο 4 ^ο : Σταφίδες	27
Κεφάλαιο 5 ^ο : Αναλυτικές τεχνικές προσδιορισμού βιταμινών στα τρόφιμα	28
Μέρος Β' : Πειραματικό μέρος	29
Κεφάλαιο 6 ^ο : Πειραματικές διαδικασίες	30
6.1. Δείγματα.....	30
6.2. Προκατεργασία δείγματος	30
6.3 Χρωματογραφικός προσδιορισμός υδατοδιαλυτών βιταμινών.....	31
6.4 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.....	32
Κεφάλαιο 7 ^ο : Αποτελέσματα – Συζήτηση	33
Περιορισμοί.....	50
Συμπεράσματα	51
Βιβλιογραφία.....	52

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας-Βιοχημείας-Φυτικοχημείας Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Αγωγής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Είμαι λοιπόν ευγνώμων για τη διάθεση των χώρων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Αντωνία Χίου, Επίκουρη Καθηγήτρια Χημικής Ανάλυσης και Σύνθεσης για την ομαλή συνεργασία, τις πολύτιμες επεξηγήσεις και τις εύστοχες διορθώσεις.

Ευχαριστώ τα δύο άλλα μέλη της τριμελούς επιτροπής, κύριο Βάιο Καραθάνο, Καθηγητή Φυτικοχημείας και Μηχανικής Τροφίμων και κύριο Γεώργιο Μπόσκου, Επίκουρο Καθηγητή Οργάνωσης και Διαχείρισης Μονάδων Διατροφής, για το χρόνο που αφιέρωσαν να αξιολογήσουν την εργασία αυτή και για τις επισημάνσεις τους.

Ευχαριστώ την κυρία Ειρήνη Παναγοπούλου, Χημικό MSc., Υποψήφια Διδάκτορα, Εργαστήριο Χημείας-Βιοχημείας-Φυτικοχημείας Τροφίμων, που μου έδειξε βήμα-βήμα τα στάδια της πειραματικής διαδικασίας.

Ευχαριστώ τα μέλη του Εργαστηρίου Χημείας-Βιοχημείας-Φυτικοχημείας Τροφίμων για τη συνεργασία εντός του εργαστηρίου.

Περίληψη

Ο ταυτόχρονος προσδιορισμός βιταμινών σε δείγματα τροφίμων απαιτεί λιγότερο εργαστηριακό χρόνο και προσπάθεια σε σύγκριση με τον προσδιορισμό κάθε μίας βιταμίνης ξεχωριστά. Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν η εφαρμογή μίας δοκιμασμένης στο παρελθόν πειραματικής πορείας για την ανίχνευση και ποσοτικοποίηση υδατοδιαλυτών βιταμινών σε δείγματα σταφίδας και η αξιολόγηση της επίδρασης της μεθόδου ξήρανσης, ήτοι ξήρανση στον ήλιο ή υπό σκιά, στο περιεχόμενο του ξηρού φρούτου σε βιταμίνες. Για το σύγχρονο προσδιορισμό υδατοδιαλυτών βιταμινών πραγματοποιήθηκε όξινη υδρόλυση των δειγμάτων και ενζυμική πέψη ακολουθούμενη από χρωματογραφικό προσδιορισμό με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν 9 δείγματα σταφυλιού τα οποία ξηράνθηκαν με δύο μεθόδους, με αποτέλεσμα να προκύψουν προς αξιολόγηση 9 δείγματα Κορινθιακής σταφίδας που είχαν ξηρανθεί στον ήλιο και 9 που είχαν ξηρανθεί υπό σκιά. Με βάση τη μέθοδο που επιλέχθηκε, στην Κορινθιακή σταφίδα ανιχνεύθηκε βιταμίνη B1 ($0,20 \pm 0,01 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα ήλιου, $0,21 \pm 0,01 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα σκιάς, $p=0,03$), βιταμίνη B2 ($0,12 \pm 0,02 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα ήλιου, $0,08 \pm 0,02 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα σκιάς, $p<0,001$), νιασίνη ($2,62 \pm 0,54 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα ήλιου, $2,27 \pm 0,72 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα σκιάς, $p=0,26$), βιταμίνη B6 ($0,31 \pm 0,02 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα ήλιου, $0,34 \pm 0,04 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα σκιάς, $p=0,06$) και φυλλικό οξύ ($0,007 \pm 0,002 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα ήλιου, $0,014 \pm 0,002 \text{mg}/100\text{g}$ στα δείγματα σκιάς, $p<0,001$). Παρότι μεταξύ των δειγμάτων ήλιου και σκιάς προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιες περιπτώσεις βιταμινών, οι διαφορές ανάμεσα στις συγκεντρώσεις των βιταμινών στα δείγματα που ξηράνθηκαν στον ήλιο και στα δείγματα που ξηράνθηκαν υπό σκιά φάνηκε να είναι πρακτικά αμελητέες. Η Κορινθιακή σταφίδα ανεξαρτήτως της ακολουθούμενης μεθόδου ξήρανσης αποτελεί ξηρό φρούτο που περιέχει υδατοδιαλυτές βιταμίνες και ως εκ τούτου η κατανάλωσή της συνεισφέρει, στο βαθμό που της αναλογεί, στην ημερήσια πρόσληψη βιταμινών.

Abstract

The simultaneous determination of vitamins in food samples requires less time and effort compared to the separate analysis of each individual vitamin. In this study a previously developed experimental procedure for the detection and quantification of water soluble vitamins in raisins was applied. The effect of the drying procedure, i.e. sun drying and drying under shade, on the Corinthian currant vitamin content was evaluated. Samples were subjected to acid hydrolysis and enzymic digestion followed by high-performance liquid chromatography for the determination of water soluble vitamins. Nine grape samples were dried using the aforementioned two drying methods resulting in 9 sun-dried and 9 shade-dried Corinthian raisin samples. Corinthian currant vitamin content was found as follows: vitamin B1, $0,20 \pm 0,01 \text{ mg/100g}$ in sun-dried samples, $0,21 \pm 0,01 \text{ mg/100g}$ in shade-dried samples, $p=0,03$; vitamin B2, $0,12 \pm 0,02 \text{ mg/100g}$ in sun-dried samples, $0,08 \pm 0,02 \text{ mg/100g}$ in shade-dried samples, $p<0,001$; niacin, $2,62 \pm 0,54 \text{ mg/100g}$ in sun-dried samples, $2,27 \pm 0,72 \text{ mg/100g}$ in shade-dried samples, $p=0,26$; vitamin B6, $0,31 \pm 0,02 \text{ mg/100g}$ in sun-dried samples, $0,34 \pm 0,04 \text{ mg/100g}$ in shade-dried samples, $p=0,06$; and folic acid $0,007 \pm 0,002 \text{ mg/100g}$ in sun-dried samples, $0,014 \pm 0,002 \text{ mg/100g}$ in shade-dried samples, $p<0,001$. Even though statistically significant differences were observed in several cases, vitamin concentration differences among sun-dried and shade-dried samples could be considered as rather negligible. Regardless of the drying method, Corinthian raisins are a dried fruit that contains water soluble vitamins. Thus, Corinthian currant consumption may contribute to the daily vitamin intake.

Σκοπός

Η κατανάλωση φρούτων είναι αναγκαία σε ένα ισορροπημένο πρότυπο διατροφής. Τα φρούτα είναι πλούσια σε βιταμίνες και αναλύονται συχνά με σκοπό τον προσδιορισμό των βιταμινών τους. Η ξήρανση των φρούτων μπορεί να επιφέρει μειώσεις στο περιεχόμενο αυτών σε βιταμίνες, έχει όμως άλλα πλεονεκτήματα, όπως την αύξηση του χρόνου ζωής και τη διευκόλυνση της αποθήκευσης και διανομής των φρούτων.

Η πρόσληψη βιταμινών είναι απαραίτητη για την κανονική λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η παρουσία υδατοδιαλυτών βιταμινών στην Κορινθιακή σταφίδα και επιπλέον να αξιολογηθεί η επίδραση της μεθόδου ξήρανσης στο περιεχόμενο σε βιταμίνες. Στο πλαίσιο αυτό εφαρμόστηκε πειραματική διαδικασία η οποία να επιτρέπει τον ταυτόχρονο προσδιορισμό σειράς υδατοδιαλυτών βιταμινών και αξιολογήθηκαν δείγματα που είχαν υποστεί αποξήρανση στον ήλιο και υπό σκιά.

Συντομογραφίες

Οι συντομογραφίες, που εμφανίζονται, είναι :

ACP : Acyl Carrier Protein

AI : Adequate Intake

CE : Capillary Electrophoresis

CoFIDS : Composition of Foods Integrated Dataset

DNA : Deoxyribonucleic Acid

DRI : Dietary Reference Intake

EFSA : European Food Safety Authority

FAD : Flavin Adenine Dinucleotide

FMN : Flavin Mononucleotide

GABA : Gamma-Aminobutyric Acid

HPLC : High-Performance Liquid Chromatography

HTST : High Temperature Short Time

IOM : Institute Of Medicine

LTLT : Low Temperature Long Time

MTHF : Methyltetrahydrofolate

NAD : Nicotinamide Adenine Dinucleotide

NADP : Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate

NOAEL : No Observed Adverse Effect Level

NRV : Nutrient Reference Value

RDA : Recommended Dietary Allowance

SCF : Scientific Committee on Food

TPP : Thiamine Pyrophosphate

UL : Upper Limit

USDA : United States Department of Agriculture

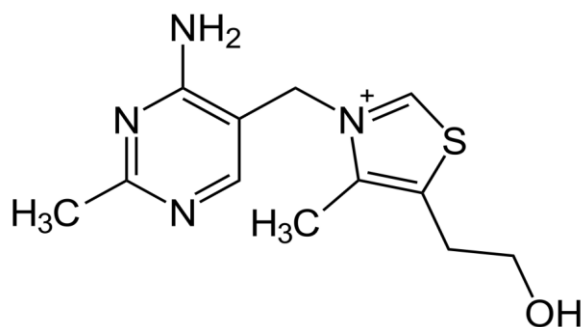
Μέρος Α' : Θεωρητικό μέρος

Κεφάλαιο 1^ο : Υδατοδιαλυτές βιταμίνες

Οι βιταμίνες είναι οργανικές ενώσεις απαραίτητες για τη φυσιολογική ανάπτυξη και λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Ο άνθρωπος μπορεί να μεταβολίσει πρόδρομα μόριά τους, τις προβιταμίνες, αλλά δεν μπορεί να τις συνθέσει *de novo* και για αυτό το λόγο χρειάζεται να τις παραλαμβάνει από την τροφή του. Οι βιταμίνες είναι συχνά συνένζυμα ή τμήμα ενός μορίου συνενζύμου ή ενζύμου και καταλύουν αντιδράσεις του μεταβολισμού. Διακρίνονται ανάλογα με τη διαλυτότητά τους στο νερό σε υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές. Βιταμίνες μπορούν να συνθέσουν οι κατώτεροι οργανισμοί και τα φυτά, ενώ οι ανώτεροι οργανισμοί φαίνεται να έχουν χάσει αυτή την ικανότητα. Ανεπαρκής πρόσληψη κάποιας βιταμίνης προκαλεί με την πάροδο του χρόνου διαταραχές ή στερητικές νόσους, όπως υποβιταμίνωση. Μετά από αναπλήρωση των αποθεμάτων της βιταμίνης στον οργανισμό, οι καταστάσεις αυτές υποχωρούν. Το δέρμα είναι πολύ ευαίσθητο στην έλλειψη βιταμινών και συχνά εμφανίζονται πρώτα εκεί συμπτώματα της ανεπάρκειας. Κάποιες βιταμίνες μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητα, αν ληφθούν σε μεγάλες δόσεις.

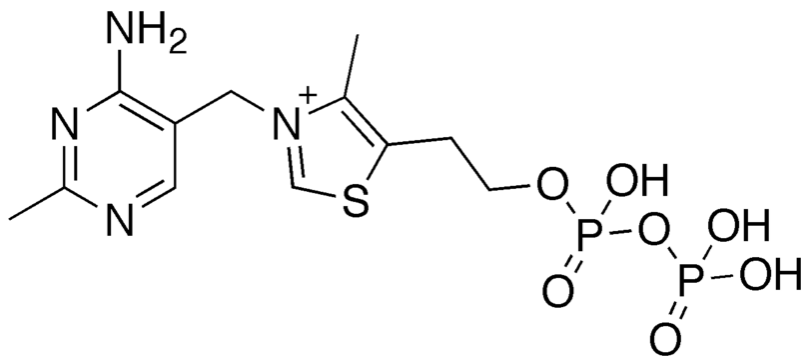
Βάση των πληροφοριών για τις βιταμίνες είναι ένα άρθρο της EFSA, που δημοσιεύθηκε αρχικά το 2006, επικεντρωμένο στα ανώτατα όρια ασφαλούς πρόσληψης βιταμινών [1].

1.1 Βιταμίνη B1 ή θειαμίνη



Σχήμα 1

Απεικόνιση της δομής της θειαμίνης



Σχήμα 2

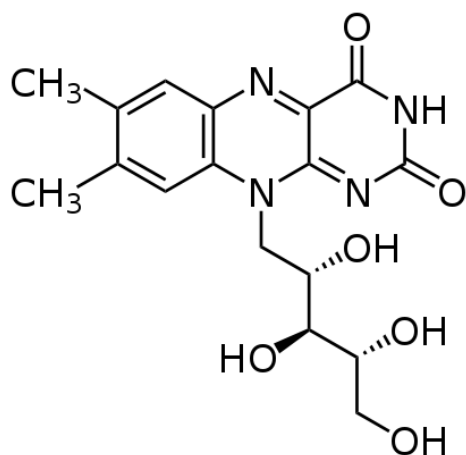
Απεικόνιση της δομής του πυροφωσφορικού εστέρα θειαμίνης

Η βιταμίνη B1 ή θειαμίνη είναι ανθεκτική στη θέρμανση σε pH κάτω του 5.0, ενώ σε pH 7.0 και άνω καταστρέφεται γρήγορα με βρασμό. Η ελεύθερη μορφή της είναι αλκαλική. Το υδροξυαιθυλο-άκρο της δημιουργεί εστέρες με διάφορα οξέα. Τα πιο σημαντικά είναι η μονοσφωφορική θειαμίνη, η πυροφωσφορική θειαμίνη και η τριφωσφορική θειαμίνη. Απομονώνεται, συντίθεται και χρησιμοποιείται σε συμπληρώματα διατροφής και για τον εμπλουτισμό τροφίμων ως στερεά άλατα θειαζολίου στη μορφή υδροχλωρικής ή μονοκυττρικής θειαμίνης. Δρα κυρίως στην αποκαρβοξυλίωση α-κετο-οξέων. Είναι καλά απορροφήσιμη από το λεπτό έντερο του ανθρώπου, αν και σε δόσεις μεγαλύτερες των 5mg η απορρόφησή της ελαττώνεται ραγδαία. Φωσφορυλιώνεται όταν διέρχεται το επιθήλιο του εντέρου, αλλά εισέρχεται στο κυκλοφορικό σύστημα κυρίως στην ελεύθερη μορφή της. Η συγκέντρωσή της στο πλάσμα διατηρείται σε στενά όρια. Περίπου το 20-30% είναι δεσμευμένο σε πρωτεΐνες ως πυροφωσφορική θειαμίνη, ενώ η ελεύθερη αποφωσφορυλιώνεται και απεκκρίνεται σε περίπτωση πλεονάζουσας ποσότητας. Η συνολική ποσότητα βιταμίνης B1 στο ενήλικο ανθρώπινο σώμα εκτιμάται στα 30mg. Οι ανάγκες σε βιταμίνη B1 αυξάνονται σε αυξημένη φυσική δραστηριότητα, εγκυμοσύνη ή γαλουχία, όμως για τα περισσότερα άτομα οι ανάγκες κυμαίνονται μεταξύ 1.0 και 1.2mg ημερησίως. Πλούσιες πηγές της είναι το χοιρινό κρέας, τα όσπρια και οι σπόροι δημητριακών.

Ο μεταβολισμός της βιταμίνης B1 είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στην υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ, μιας και το τελευταίο μειώνει την απορρόφησή της και αυξάνει την απέκκρισή της. Επιπλέον, αναστέλλει την ενεργοποίησή της προς το συνένζυμο πυροφωσφορική θειαμίνη (Thiamine Pyrophosphate, TPP). Έλλειψή της προκαλεί την ασθένεια Beriberi. Στις μέρες μας, η ανεπάρκεια της B1 είναι συνήθως συνέπεια του ακραίου αλκοολισμού και είναι γνωστή ως σύνδρομο Wernicke-Korsakoff.

Η προσλαμβανόμενη από του στόματος βιταμίνη B1 δε φαίνεται να έχει δυσμενείς επιπτώσεις, ακόμα και όταν λαμβάνεται υπό μορφή συμπληρωμάτων διατροφής σε δόσεις εκατοντάδων mg καθημερινά. Σπάνιες περιπτώσεις αρνητικών επιπτώσεων έχουν αναφερθεί μόνο σε παρεντερική χορήγηση δόσεων άνω των 100mg. Με δεδομένο αυτό και τις θεραπευτικές της δράσεις σε μερικά συχνά παρατηρούμενα σύνδρομα συστήνεται η συμπληρωματική χορήγησή της.

1.2 Βιταμίνη B2 ή ριβοφλαβίνη



Σχήμα 3

Απεικόνιση της δομής της ριβοφλαβίνης

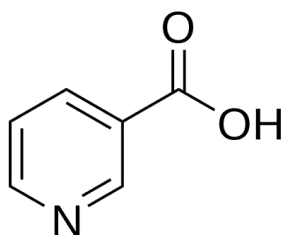
Η βιταμίνη B2 ή ριβοφλαβίνη είναι μία ασθενής βάση. Η ριβοφλαβίνη είναι πρόδρομο μόριο συγκεκριμένων απαραίτητων συνενζύμων, όπως το φλαβινο-μονονουκλεοτίδιο (FMN) και το φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (FAD). Σε αυτές τις μορφές συνενζύμων, η ριβοφλαβίνη λειτουργεί ως καταλύτης για αντιδράσεις οξειδοαναγωγής. Τα φλαβο-συνένζυμα εμπλέκονται και στη βιοσύνθεση των συνενζύμων που περιέχουν νιασίνη. Στα τρόφιμα η ριβοφλαβίνη απαντάται ελεύθερη ή συνδυασμένη με πρωτεΐνες ως FAD ή ως FMN. Η δεσμευμένη με πρωτεΐνες ριβοφλαβίνη υδρολύεται στο γαστρεντερικό σωλήνα προς ελεύθερη ριβοφλαβίνη, η οποία είναι η απορροφήσιμη μορφή. Σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις, η απορρόφηση ριβοφλαβίνης συμβαίνει με ενεργητική μεταφορά, ο υποδοχέας της οποίας μπορεί να κορεστεί. Σε υψηλά επίπεδα πρόσληψης, η ριβοφλαβίνη απορροφάται με διάχυση. Η απορροφήσιμη ποσότητα εξαρτάται από την πρόσληψη, αυξάνεται από τα χολικά άλατα και, όταν η ριβοφλαβίνη λαμβάνεται από το στόμα, με την τροφή. Ο ρυθμός

απορρόφησης της ελεύθερης ριβοφλαβίνης είναι 50-60% για δόσεις 2-25mg. Στο πλάσμα, η ριβοφλαβίνη είναι δεσμευμένη σε πρωτεΐνες, κυρίως στην αλβουμίνη και στις ανοσοσφαιρίνες, και κυρίως ως FAD. Παρόλο που η σημασία της δέσμευσής της σε πρωτεΐνες δεν είναι πλήρως κατανοητή, η κύρια λειτουργία είναι η μεταφορά της ριβοφλαβίνης από το πλάσμα στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Το RDA για τη ριβοφλαβίνη είναι 0.8-1.6mg/ημέρα για αγόρια, 0.8-1.3mg/day για κορίτσια, 1.3mg/ημέρα για ενήλικες άνδρες και 1.1mg/ημέρα για ενήλικες γυναίκες. Διανέμεται ευρέως στα τρόφιμα και όλα τα ζωικά και φυτικά κύτταρα την περιέχουν, όμως υπάρχουν πολύ λίγες πλούσιες πηγές της. Ορισμένες από αυτές είναι το μοσχαρίσιο κρέας, το τυρί και το σπανάκι.

Ανεπάρκεια ριβοφλαβίνης οφείλεται σε μειωμένη διατροφική πρόσληψη ή σε διαταραχές, όπως χρόνια διάρροια ή σύνδρομο δυσαπορρόφησης. Συμπτώματα, που εμφανίζονται συχνά είναι η στοματίτιδα, η χειλίτιδα και η σμηγματορροϊκή δερματίτιδα.

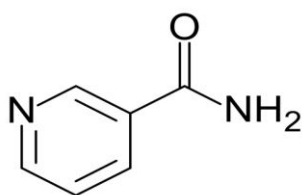
Οι λίγες μελέτες που έχουν γίνει και περιλαμβάνουν υψηλές δόσεις ριβοφλαβίνης δε σχεδιάστηκαν για να αξιολογήσουν δυσμενείς επιπτώσεις, αλλά η ταυτοποίηση των κινδύνων ως πρώτο βήμα είναι εφικτή, βασιζόμενοι σε μελέτες που έγιναν με συμπληρωματική χορήγηση υψηλών δόσεων και υψηλών προσλήψεων ριβοφλαβίνης. Η έλλειψη δυσμενών επιπτώσεων από υψηλές δόσεις ριβοφλαβίνης μπορεί να οφείλεται στις φυσικοχημικές ιδιότητές της, δηλαδή περιορισμένη διαλυτότητα, αφού η ικανότητα απορρόφησης ριβοφλαβίνης από το γαστρεντερικό σωλήνα των ανθρώπων είναι περιορισμένη. Το 1965 βρέθηκε ότι από το στόμα χορήγηση εφάπαξ δόσης 50 με 500mg άλατος FMN δεν είχε δυσμενείς επιπτώσεις. Τα διαθέσιμα δεδομένα από μελέτες σε ανθρώπους και μελέτες φαρμακοκινητικής δε δείχνουν τις αναφερόμενες επιπτώσεις από τοξικότητα της ριβοφλαβίνης. Εκτός από λίγες ασήμαντες γαστρεντερικές διαταραχές που δε σχετίζονται ξεκάθαρα με την πρόσληψη ριβοφλαβίνης, η ριβοφλαβίνη δεν έχει σοβαρές δυσμενείς επιπτώσεις.

1.3 Νιασίνη



Σχήμα 4

Απεικόνιση της δομής του νικοτινικού οξέος



Σχήμα 5

Απεικόνιση της δομής του νικοτιναμιδίου

Νιασίνη είναι ο όρος, που χρησιμοποιείται, για να περιγράψει το νικοτινικό οξύ και το νικοτιναμίδιο, δύο ενώσεις με σχετιζόμενη βιολογική δράση. Η νιασίνη σχηματίζεται κατά το μεταβολισμό της θρυπτοφάνης και για αυτό δεν είναι απαραίτητη η πρόσληψή της από την τροφή, εφόσον είναι επαρκής η πρόσληψη του αμινοξέος. Η θρυπτοφάνη βέβαια είναι απαραίτητη, μιας και το κετο-οξύ της δεν υπάρχει στον άνθρωπο. Η νιασίνη είναι πρόδρομο μόριο του νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτιδίου (NAD) και του νικοτιναμιδο-αδενινο-φωσφο-δινουκλεοτιδίου (NADP), τα οποία είναι συμπαράγοντες σε πολλές οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις και φορείς αναγωγικών ισοδυνάμων.

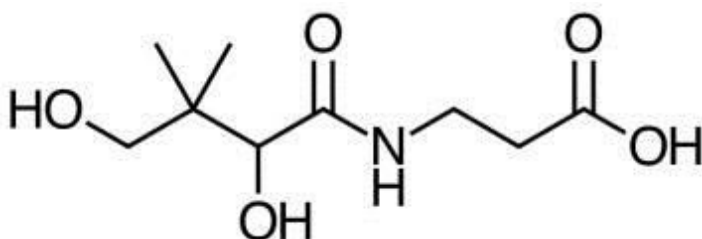
Οι απαιτήσεις του οργανισμού σε νιασίνη είναι δύσκολο να προσδιοριστούν, λόγω του σχηματισμού της από θρυπτοφάνη. Η σύσταση της πρόσληψης ισοδυνάμων νιασίνης από τη διατροφή είναι 9-18mg/ημέρα, αλλά είναι πιθανό τα φυσιολογικά άτομα να μην τη χρειάζονται και να μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες τους από θρυπτοφάνη. Στα τρόφιμα, η νιασίνη βρίσκεται κυρίως ως NAD και NADP και δεσμευμένη σε άλλα μόρια, οπότε απαιτείται υδρόλυση στο λεπτό έντερο, προκειμένου να ελευθερωθεί νικοτιναμίδιο ή νικοτινικό οξύ και να απορροφηθεί. Το νικοτιναμίδιο μπορεί να υδρολυθεί από τον άνθρωπο και να προκύψει νικοτινικό οξύ. Το ελεύθερο νικοτινικό οξύ απορροφάται ταχύτατα από το στόμαχο και το δωδεκαδάκτυλο. Ο

γλυκοζίτης του νικοτινικού οξέος όμως, που υπάρχει σε μεγάλο βαθμό στα δημητριακά, δεν υφίσταται υδρόλυση από τα πεπτικά ένζυμα του ανθρώπου και έτσι δεν είναι βιοδιαθέσιμος. Ο άνθρωπος μπορεί να την παραλάβει από τροφές, όπως το χοιρινό κρέας, το ψάρι και το κοτόπουλο.

Έλλειψη του νικοτινικού οξέος από τη διατροφή ή ανεπαρκής πρόσληψη θρυπτοφάνης οδηγεί στην ασθένεια πελάγρα, τα συμπτώματα της οποίας είναι αλλοιώσεις του δέρματος [2], πόνοι της σπονδυλικής στήλης, ερυθρότητα της γλώσσας (magenta tongue) και διαταραχές της πέψης, ενώ σε σοβαρές περιπτώσεις εμφανίζονται εκδηλώσεις από το νευρικό σύστημα, όπως σπασμοί και διαταραχές της νοητικής λειτουργίας.

Σε μελέτες, που έγιναν για την αντιμετώπιση υπερλιπιδαιμιών με χορήγηση υψηλών δόσεων νικοτινικού οξέος, φάνηκε ότι η υπερβολική πρόσληψη νιασίνης εγκυμονεί κινδύνους. Πολύ μεγάλες εφάπαξ δόσεις νικοτινικού οξέος μπορούν να προκαλέσουν υπόταση, αν και μετά από μερικές ημέρες θεραπείας εμφανίζεται ανοχή. Ένα άλλο σύμπτωμα ασθενών με υπερλιπιδαιμία σε θεραπεία με νικοτινικό οξύ ήταν η αγγειοδιαστολή. Στους ασθενείς εμφανίζεται ως έξαψη, ένα ήπιο και παροδικό φαινόμενο. Ίδιες δόσεις νικοτιναμιδίου δεν προκαλούν αυτό το σύμπτωμα. Σε δόσεις ως 100mg δεν υπάρχει επίδραση στον καρδιακό ρυθμό, ούτε στην αρτηριακή πίεση. Τα συμπτώματα πάντως είναι πιθανότερο να εμφανιστούν όποτε τα άτομα κάνουν λήψη συμπληρωμάτων με νικοτινικό οξύ νηστικά.

1.4 Παντοθενικό οξύ



Σχήμα 6

Απεικόνιση της δομής του παντοθενικού οξέος

Το παντοθενικό οξύ είναι η N-(2,4-διυδροξυ-3,3-διμεθυλο-1-οξοβουτυλο)-β-αλανίνη. Μερικές φορές αναφέρεται ως βιταμίνη B5. Στη φύση υπάρχει μόνο ως D-παντοθενικό οξύ, ενώ το ελεύθερο παντοθενικό οξύ και το παντοθενικό νάτριο είναι

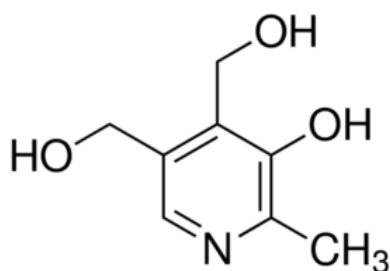
ασταθή και αντιδρούν εύκολα με άλλα μόρια. Η πανθενόλη, που χρησιμοποιείται ευρέως σε καλλυντικά, είναι μια συνθετική μορφή και μπορεί να οξειδωθεί από τον ανθρώπινο οργανισμό προς παντοθενικό οξύ. Στα τρόφιμα και στους ιστούς του ανθρώπου, το παντοθενικό οξύ βρίσκεται ως τμήμα του μορίου του συνενζύμου Α και ως 4-φωσφο-παντεθεινή, δηλαδή βρίσκεται και στην ακυλο-φέρουσα πρωτεΐνη (ACP). Η τελευταία είναι σημαντικό μόριο για τη de novo βιοσύνθεση λιπαρών οξέων [2]. Συνεπώς, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις αντιδράσεις διάμεσου μεταβολισμού.

Το παντοθενικό οξύ είναι ευρέως διαδεδομένο στα τρόφιμα, ειδικά στη μαγιά, στο ήπαρ και τους νεφρούς ζώων, στα αυγά, στο γάλα και τα δημητριακά ολικής αλέσεως. Συνήθως βρίσκεται δεσμευμένο στο συνένζυμο Α, οπότε χρειάζεται υδρόλυση, για να γίνει ο προσδιορισμός του. Το προσλαμβανόμενο παντοθενικό οξύ υδρολύεται πρώτα σε παντεθεινή και στη συνέχεια σε ελεύθερο παντοθενικό οξύ από την παντοθεινάση του εντερικού αυλού. Επίσης, η μικροχλωρίδα του εντέρου του ανθρώπου μπορεί να παράγει παντοθενικό οξύ. Το παντοθενικό οξύ βρίσκεται στο πλάσμα και στα ερυθρά αιμοσφαίρια του ανθρώπου.

Η ανεπάρκεια παντοθενικού οξέος στους ανθρώπους είναι πολύ σπάνια, λόγω της ύπαρξης του σε πολλά τρόφιμα μιας συνηθισμένης διαίτας. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται πάντως τότε είναι πονοκέφαλοι, κόπωση, αϋπνίες και παραισθησία των άκρων του σώματος. Σύμφωνα με το IOM (Institute of Medicine) το εκτιμώμενο επίπεδο επαρκούς πρόσληψης (adequate intake, AI) παντοθενικού οξέος για τους ενήλικες είναι τα 5mg/ημέρα, με βάση το ποσό που απεκκρίνεται στα ούρα.

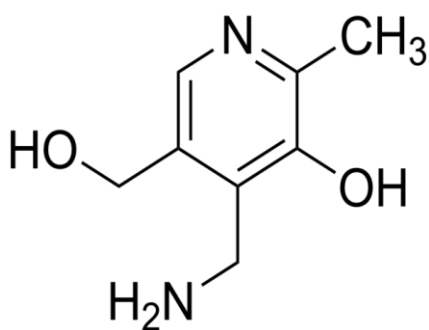
Δεν υπάρχουν δεδομένα που να αναφέρουν τοξικότητα από υψηλές δόσεις παντοθενικού οξέος ή πανθενόλης στους ανθρώπους και ο κίνδυνος να εμφανίσει κανείς συμπτώματα από υπερβολική πρόσληψη είναι πολύ χαμηλός.

1.5 Βιταμίνη B6



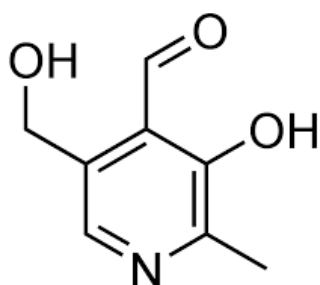
Σχήμα 7

Απεικόνιση της δομής της πυριδοξίνης



Σχήμα 8

Απεικόνιση της δομής της πυριδοξαμίνης



Σχήμα 9

Απεικόνιση της δομής της πυριδοξάλης

Η βιταμίνη B6 είναι ένα μίγμα 6 αλληλένδετων μορφών πυριδοξίνης, πυριδοξάλης, πυριδοξαμίνης και των φωσφορικών εστέρων τους. Η αλληλομετατροπή είναι εφικτή μεταξύ όλων των μορφών. Ο φωσφορικός εστέρας πυριδοξάλης διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό πολλών αμινοξέων και ανεπάρκεια αυτού του συνενζύμου μπορεί να οδηγήσει σε πολλές εκδηλώσεις. Η δραστική μορφή της βιταμίνης είναι η φωσφορική πυριδοξάλη, η οποία είναι ένα συνένζυμο, που θεωρείται απαραίτητο για τη λειτουργία περισσότερων από 60 ενζύμων, σχετιζόμενων με τρανσαμινώσεις, απαμινώσεις, αποκαρβοξυλιώσεις και αποθειώσεις. Η βιταμίνη B6 εμπλέκεται στο μεταβολισμό θειούχων αμινοξέων, όπως η μεθειονίνη, η ταυρίνη και η κυστεΐνη. Ο μεταβολισμός της θρυπτοφάνης εξαρτάται από την κατάσταση του οργανισμού σε βιταμίνη B6, επειδή το ένζυμο κυνουρενιάση απαιτεί φωσφορική πυριδοξάλη.

Η πλειονότητα της βιταμίνης B6 του σώματος σχετίζεται με το ένζυμο φωσφορυλάση του γλυκογόνου στους μύες. Όταν τα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου

εξαντλούνται λόγω παρατεταμένης νηστείας, η βιταμίνη απελευθερώνεται από τους μύες. Παρά όλα αυτά, η φωσφορική πυριδοξάλη των μυών δεν απελευθερώνεται ως απάντηση σε δίαιτα φτωχή σε βιταμίνη B6 κι έτσι τα μυικά αποθέματα δεν μπορούν να θεωρηθούν αποθήκες της. Οι καθημερινές απαιτήσεις σε βιταμίνη B6 επηρεάζονται από την πρόσληψη πρωτεϊνών κι όχι από το βάρος του σώματος του ανθρώπου. Για τους ενήλικες συνιστώνται 15mg/g πρωτεϊνών της δίαιτας. Δεν υπάρχουν αποθήκες βιταμίνης B6 στον οργανισμό, οπότε απαιτείται συνεχής πρόσληψη. Τροφές που την περιέχουν είναι το κοτόπουλο, η πατάτα και η μπανάνα.

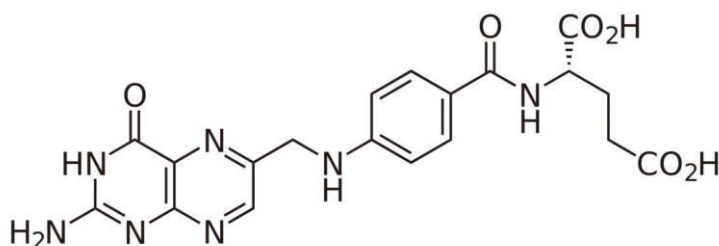
Η πυριδοξίνη είναι παρούσα στα τρόφιμα σε ελεύθερη μορφή και ως γλυκοζίτης. Ο γλυκοζίτης μπορεί να υποστεί μερική υδρόλυση στον αυλό του εντέρου ή μπορεί να απορροφηθεί άθικτος, το οποίο οδηγεί σε μαζική απέκκριση στα ούρα, χωρίς υδρόλυση. Στα κύτταρα, η πυριδοξίνη και η πυριδοξαμίνη φωσφορυλιώνονται από μία κινάση και μετά οξειδώνονται προς φωσφορική πυριδοξάλη, η οποία είναι η κύρια ενδοκυττάρια μορφή. Η φωσφορυλίωση αυτή συμβαίνει κυρίως στο ήπαρ. Η συγκέντρωση της πυριδοξάλης και της φωσφορυλιωμένης μορφής της στο πλάσμα αυξάνεται ταχύτατα μετά από εφάπαξ χορήγηση πυριδοξίνης από το στόμα, ακολουθούμενη από ταχεία μείωση της πυριδοξάλης, λόγω πρόσληψης από τους ιστούς και φωσφορυλίωσης.

Τα κλινικά συμπτώματα της ανεπάρκειας βιταμίνης B6 περιλαμβάνουν καθυστέρηση της ανάπτυξης, ακροδυνία, αλωπεκίαση, μεταβολές του σκελετού και αναιμία, ενώ αλλαγές στους νευροδιαβιβαστές, όπως η ντοπαμίνη, η σεροτονίνη, η νορεπινεφρίνη, η θρυπταμίνη, η τυραμίνη, η ισταμίνη, το γ-αμινο-βουτυρικό οξύ και η ταυρίνη επιδρούν στη λειτουργία του εγκεφάλου και μπορούν να οδηγήσουν σε κρίσεις και σπασμούς.

Οι ασθένειες ομοκυστινουρία και κυσταθειονουρία μπορούν να αντιμετωπιστούν με υψηλές δόσεις πυριδοξίνης, αν και μερικά άτομα δεν ανταποκρίνονται σε αυτή τη θεραπεία. Στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκαν υψηλές δόσεις βιταμίνης B6 για τη θεραπεία του προεμμηνορρυσιακού συνδρόμου, της κατάθλιψης, του συνδρόμου Down, της υπερκινητικότητας, του αυτισμού και της νόσου Πάρκινσον, προφανώς χωρίς σημαντικά αποτελέσματα. Υπερβολικές προσλήψεις βιταμίνης B6 μπορούν να οδηγήσουν σε τοξικότητα, προκαλώντας φθορές των νευρώνων. Έχει αναφερθεί σταδιακή και προοδευτική απώλεια συντονισμού των κινήσεων, ειδικά όταν το άτομο δεν έβλεπε τις κινήσεις του (sensory ataxia) και έντονη δυσλειτουργία των άκρων του σώματος σε ενήλικους ασθενείς που λάμβαναν τεράστιες δόσεις βιταμίνης

B6. Πιθανό όριο κάτω από το οποίο δεν παρατηρούνται δυσμενείς επιπτώσεις (No Observed Adverse Effect Level, NOAEL) είναι τα 100mg/ημέρα για μακροχρόνιες προσλήψεις, ενώ τα 500mg/ημέρα είναι σίγουρα τοξικά. Η ανεπάρκεια πυριδοξίνης έχει σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη των νευρώνων, αλλά δεν υπάρχουν δεδομένα τοξικότητας λόγω υπερβολικής πρόσληψης πυριδοξίνης στους νευρώνες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του νευρικού συστήματος σε έμβρυα.

1.6 Φυλλικό οξύ



Σχήμα 10

Απεικόνιση της δομής του φυλλικού οξέος

Το συνθετικό φυλλικό οξύ (περουϋλο-γλουταμινικό οξύ) είναι ένα συνθετικό παράγωγο, που χρησιμοποιείται σε συμπληρώματα βιταμινών και για τον εμπλουτισμό τροφίμων. Οι φυσικές πηγές φυλλικών είναι κυρίως ανηγμένα μόρια, όπως τα παράγωγα του τετραϋδρο-φυλλικού οξέος. Διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά μορίων άνθρακα, κάνοντας μεθυλιώσεις και καταλύοντας αντιδράσεις βιοσύνθεσης DNA και του μεταβολισμού των αμινοξέων. Το φυλλικό οξύ των τροφίμων χρειάζεται να υδρολυθεί από υδρολάσες της ψηκτροειδούς παρυφής του εντέρου πριν μπορέσει να απορροφηθεί. Η απορρόφηση του φυλλικού οξέος των τροφίμων είναι μικρότερη από εκείνη των συνθετικών μορφών του σε συμπληρώματα, λόγω των αλληλεπιδράσεων του με τα υπόλοιπα συστατικά του τροφίμου. Ακόμη, σε μερικά τρόφιμα υπάρχουν αναστολείς της υδρολάσης. Στις Ευρωπαϊκές χώρες, η μέση πρόσληψη φυλλικού οξέος βρέθηκε στα 300μg/ημέρα για ενήλικες άνδρες και 250μg/ημέρα για ενήλικες γυναίκες. Η πρόσληψη αυτή είναι περίπου όσο και οι συστάσεις. Για τις έγκυες η σύσταση είναι 600μg/ημέρα. Σε μερικές χώρες της Ευρώπης, όπως στο Ηνωμένο Βασίλειο, τα δημητριακά και το ψωμί εμπλουτίζονται με φυλλικό οξύ, παρέχοντας 25-100μg/μερίδα. Άλλες πηγές φυλλικού οξέος είναι τα πράσινα, φυλλώδη λαχανικά, οι φακές και το ήπαρ των ζώων.

Το φυλλικό μπαίνει στον κύκλο των φυλλικών αφού αναχθεί από την αναγωγή του διυδρο-φυλλικού οξέος. Η αναγωγή του είναι χρονοβόρα διαδικασία και έτσι σε υψηλές προσλήψεις μπορεί να εμφανιστεί οξειδωμένο στο αίμα. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, το 5-μεθυλο-τετραϋδρο-φυλλικό οξύ (5-MTHF) είναι η μόνη μορφή που βρίσκεται στο πλάσμα και είναι κυρίως δεσμευμένο σε πρωτεΐνες. Τα φυλλικά βρίσκονται ως πολυγλουταμινικά στους ιστούς και τα συνένζυμα φυλλικών μπορούν να αλληλομετατρέπονται με αντιδράσεις μεθυλίωσης ή απομεθυλίωσης, όπως στο σχηματισμό θυμιδυλικού οξέος από δεοξουριδίνη για τη σύνθεση του DNA και στη μεθυλίωση της ομοκυστεΐνης προς σχηματισμό μεθειονίνης, δηλαδή αλληλομετατροπές αμινοξέων. Περίπου η μισή ποσότητα φυλλικών του σώματος θεωρείται ότι αποθηκεύεται στο ήπαρ.

Συμπτώματα ανεπάρκειας φυλλικού οξέος είναι η γλωσσίτιδα, διάρροιες και η μεγαλοβλαστική αναιμία. Έγκυες με ανεπάρκεια φυλλικού οξέος έχουν αυξημένη πιθανότητα να γεννήσουν παιδί με ελαττωματικό νευρικό σωλήνα. Στις γυναίκες προτείνεται συμπληρωματική χορήγηση 1mg φυλλικού οξέος, όσο και το ανώτατο όριο (Upper Limit, UL), λίγο καιρό πριν τη σύλληψη και τις πρώτες εβδομάδες της εγκυμοσύνης.

Κεφάλαιο 2^ο : Ξήρανση τροφίμων

Η ξήρανση χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες για τη διατήρηση των τροφίμων. Οι μέθοδοι και ο εξοπλισμός ξήρανσης έχουν εξελιχθεί σε αυτό το διάστημα, αν και οι μεταβολές του τροφίμου κατά την όλη διαδικασία δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητές. Προκειμένου να συμβαίνουν επιθυμητές αλλαγές, γίνεται έρευνα για τις κατάλληλες διεργασίες πριν την ξήρανση, την αποτελεσματική αφυδάτωση και τους απαιτούμενους χειρισμούς μετά την αφυδάτωση. Επίσης, γίνονται μελέτες εξαγωγής συναρτήσεων για την πρόβλεψη ιδιοτήτων των αποξηραμένων προϊόντων, όπως το σχήμα και το μέγεθος, συναρτήσει μεταβλητών της διαδικασίας ξήρανσης, όπως ο χρόνος και η θερμοκρασία.

Η ξήρανση των τροφίμων αποτελείται από 3 στάδια :

- 1) τις διεργασίες πριν την ξήρανση, οι οποίες εξαρτώνται από τη φυσική κατάσταση του υλικού που πρόκειται να ξηρανθεί
- 2) την αφυδάτωση, η οποία μπορεί να γίνει υπό κενό ή σε ατμοσφαιρική πίεση
- 3) τους μετέπειτα χειρισμούς του προϊόντος.

Το τρόφιμο μπορεί να θερμαίνεται με επιφανειακή θέρμανση ή με ογκομετρική και να είναι ακίνητο ή κινούμενο, κατά την ξήρανση. Η σταθερότητά του κατά την αποθήκευση εξαρτάται από τον τρόπο ολοκλήρωσης της ξήρανσης. Η εξάτμιση του νερού αυξάνει τη συγκέντρωση των διαλυτών ουσιών στο εναπομείναν διάλυμα και οι αλλαγές στο pH, στο οξειδοαναγωγικό δυναμικό και στη διαλυτότητα μπορούν να επηρεάσουν τη δομή και τη λειτουργία των βιοπολυμερών. Επίσης, η αυξημένη συγκέντρωση διαλυτών ουσιών προάγει χημικές και ενζυμικές αντιδράσεις, ενώ αέρας (με οξυγόνο) αντικαθιστά εν μέρει το νερό που διαφεύγει. Το O₂ είναι έντονα οξειδωτικό μόριο.

Η ξήρανση των τροφίμων προσφέρει αυξημένο χρόνο ζωής του προϊόντος, χαμηλότερο κόστος συσκευασίας και ελαφρύτερο φορτίο, χάρη στη μικρότερη ποσότητα νερού. Στρέβλωση της μορφής, μειωμένη γεύση, δυσάρεστη υφή, μερική ή ολική απώλεια του φυσικού χρώματος και μειωμένη θρεπτική αξία, για παράδειγμα λόγω απώλειας ευαίσθητων, υδατοδιαλυτών βιταμινών, είναι μερικά από τα μειονεκτήματα των αποξηραμένων φρούτων σε σύγκριση με τα φρέσκα.

Τα αποξηραμένα προϊόντα πρέπει να είναι μικροβιολογικά σταθερά, για αυτό το λόγο η τελική συγκέντρωση ύδατος πρέπει να είναι επαρκώς χαμηλή.

Οι φυσικές αλλαγές που συμβαίνουν στο τρόφιμο κατά την ξήρανση, όπως μεταβολή του σχήματος, του μεγέθους και του χρώματος επηρεάζουν την προτιμηση των καταναλωτών. Το ομοιόμορφο χρώμα, το βολικό μέγεθος και το συνηθισμένο σχήμα δείχνουν υψηλή ποιότητα έτοιμου προς κατανάλωση σε ξηρή μορφή προϊόντος και προτιμώνται από τους καταναλωτές. Όσον αφορά στην υφή, τα τρόφιμα μέτριας υγρασίας χρειάζεται να είναι ελαστικά και λίγο χυμώδη, ενώ τα τελείως ξηρά να είναι τραγανά [3].

2.1 Διεργασίες πριν την ξήρανση

Για τα στερεά τρόφιμα, όπως τα φρούτα, έχουν δοκιμαστεί διάφοροι χειρισμοί πριν την αφυδάτωση, όπως η θείωση (sulfiting), η εμβάπτιση σε διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου, σε διάλυμα σακχάρων ή σε διάλυμα οξέων και η χρήση επιφανειοδραστικών ουσιών. Η θείωση καθυστερεί τις αντιδράσεις μη ενζυμικής αμαύρωσης, ενώ προκαλεί «λεύκανση» των ανθοκυανινών, επηρεάζοντας το χρώμα των φρούτων. Ο χειρισμός με άλατα ασβεστίου καθυστερεί τη μη ενζυμική αμαύρωση των φρούτων και των λαχανικών, επιδρά στην υφή και αυξάνει τη συρρίκνωση του. Εμβάπτιση σε διάλυμα οξέων, όπως ασκορβικού ή κιτρικού, πριν την αφυδάτωση μειώνει το μικροβιακό φορτίο στα τρόφιμα, όπως σε ντομάτες και μοσχαρίσιο κρέας. Οι επιφανειοδραστικές ουσίες και τα αλκάλια αυξάνουν πολύ έντονα την ταχύτητα της αφυδάτωσης ολόκληρων φρούτων με τη φλούδα, εξοικονομώντας χρόνο.

Πριν την αφυδάτωση γίνεται συχνά blanching, είτε σε υψηλές θερμοκρασίες για μικρό χρονικό διάστημα (HTST) ή σε χαμηλές για μεγαλύτερους χρόνους (LTLT). Επιτυγχάνεται με εμβάπτιση του τροφίμου σε βραστό νερό ή με έκθεσή του σε καυτό ατμό. Το HTST blanching γίνεται σε θερμοκρασίες περίπου 100°C για μερικά λεπτά. Κατά τη διάρκειά του απενεργοποιούνται τα ένζυμα, χαλαρώνει η δομή των ιστών, μειώνεται ο χρόνος ξήρανσης, μειώνεται το μικροβιακό φορτίο, διατηρείται καλύτερα το χρώμα και διευκολύνεται η περαιτέρω επεξεργασία του τροφίμου. Το LTLT blanching γίνεται σε θερμοκρασία 50-70°C και διαρκεί ως και μία ώρα. Οδηγεί σε αυξημένη σταθερότητα και μειωμένη συρρίκνωση κατά την αφυδάτωση.

Η κατάψυξη των φρούτων πριν την αφυδάτωση, αυξάνει την ταχύτητα της τελευταίας και οδηγεί σε καλύτερη επανυδάτωση. Η χρήση φούρνου μικροκυμάτων

είχε αντίστοιχη επίδραση στην ταχύτητα ξήρανσης σε σύγκριση με το HTST blanching [3].

2.2 Ξήρανση

Κάποιες φορές είναι προτιμότερο για τα τρόφιμα που θα υποστούν αφυδάτωση να μην έρθουν σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξήρανση υπό κενό ή ξήρανση με υπέρθερμο ατμό. Η ξήρανση υπό κενό επιλέγεται για θερμοευαίσθητα υλικά, μιας και η εξάτμιση του νερού γίνεται σε θερμοκρασία περίπου 30°C. Η μεταφορά θερμότητας γίνεται με συναγωγή. Μπορεί να διαρκέσει έως και είκοσι τέσσερις ώρες. Κατά την ξήρανση με κατάψυξη, το νερό απομακρύνεται από το υλικό μέσω εξάχνωσης. Ο εξοπλισμός της είναι πολύ ακριβός, αλλά η ποιότητα του αφυδατωμένου προϊόντος είναι η ανώτερη που μπορεί να επιτευχθεί. Με τη χρήση υπέρθερμου ατμού, εξατμίζεται το νερό και μειώνεται το μικροβιακό φορτίο του τροφίμου, ενώ παράλληλα δεν έρχεται σε επαφή με το οξυγόνο του αέρα.

Η ξήρανση με θερμό αέρα μπορεί να γίνει σε ακίνητο τρόφιμο, οπότε η αφυδάτωση γίνεται με αργό ρυθμό και ανομοιόμορφα και η τελική ποιότητα είναι χαμηλή, ή σε κινούμενο, οπότε η μεταφορά θερμότητας είναι πιο αποτελεσματική και αυξάνεται η ποιότητα του. Η αφυδάτωση με ρεύματα αέρα μπορεί να γίνει με διαλείμματα. Τότε, το υλικό ηρεμεί και το νερό διαχέεται σε όλο τον όγκο του, άρα και στην επιφάνειά του και εξατμίζεται ευκολότερα. Η κατανάλωση αέρα μειώνεται σημαντικά.

Η παροχή ενέργειας στο υλικό γίνεται με διάφορους τρόπους. Συχνά χρησιμοποιείται θερμός αέρας ως μέσο μεταφοράς θερμότητας. Η επιφάνεια του υλικού εκτίθεται σε θερμοκρασίες ξήρανσης για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα σε σύγκριση με το εσωτερικό του, σε αυτή την περίπτωση. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπέρυθρη ακτινοβολία για την παροχή λανθάνουσας θερμότητας για την εξάτμιση του νερού, η οποία διεισδύει στο τρόφιμο και έτσι δε θερμαίνεται μόνο η επιφάνεια. Η ογκομετρική θέρμανση έχει περισσότερα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τη θέρμανση επιφάνειας. Η θερμοκρασία είναι σχεδόν ίδια σε όλες τις στρώσεις του υλικού. Η θέρμανση με μικροκύματα αυξάνει το ρυθμό ξήρανσης και έχει θετική επίδραση στην ποιότητα, ειδικά όταν γίνεται με διαλείμματα. Το ίδιο συμβαίνει και με την εφαρμογή υπερήχων. Ογκομετρική θέρμανση γίνεται επίσης και με κύματα ραδιοσυχνοτήτων, δηλαδή διηλεκτρική θέρμανση [3].

Μέθοδοι ξήρανσης, που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η ξήρανση στον ήλιο, υπό σκιά, με θερμό αέρα, υπό κενό, υπό κατάψυξη, με υπερήχους, με αντλία θερμότητας, με μικροκύματα, με ταυτόχρονη έκθεση του υλικού σε υπέρυθρη ακτινοβολία και η ωσμωτική αφυδάτωση. Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι μία μέθοδος μερικής ξήρανσης των τροφίμων. Διαλύματα χλωριούχου νατρίου χρησιμοποιούνται για την ωσμωτική αφυδάτωση λαχανικών, ενώ διαλύματα σακχάρων για των φρούτων. Η περίπλοκη δομή του κυτταρικού τοιχώματος των κυττάρων του τροφίμου δρα ως ημιπερατή μεμβράνη, η οποία δεν είναι απόλυτα εκλεκτική, δημιουργώντας δύο αντίρροες μεταφορές μάζας. Η μία είναι διάχυση νερού από το τρόφιμο προς το διάλυμα και η άλλη είναι διάχυση διαλυμένης ουσίας από το διάλυμα προς το τρόφιμο. Η μεταφορά συστατικών του τροφίμου, εκτός του νερού, προς το διάλυμα είναι αμελητέα. Πάντως, τα ωσμωτικώς αφυδατωμένα τρόφιμα δεν είναι σταθερά για αρκετά μεγάλα χρονικά διαστήματα, λόγω της μη ολοκληρωμένης ξήρανσής τους, για αυτό η ωσμωτική αφυδάτωση συνδυάζεται συχνά με κάποια άλλη μέθοδο ξήρανσης [4].

2.3 Διεργασίες μετά την ξήρανση

Όταν τα αποξηραμένα τρόφιμα υποβάλλονται σε έντονο stress, εκκινούνται αντιδράσεις στη μάζα τους, οι οποίες μπορούν να συνεχιστούν κατά την αποθήκευσή τους. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητοι μετέπειτα χειρισμοί του τροφίμου, οι οποίοι θα το προστατεύουν από υποβάθμιση. Κάποια προϊόντα βρίσκονται σε υαλώδη φάση μετά την αφυδάτωσή τους. Αν απορροφήσουν υγρασία μεταβαίνουν στην ελαστική φάση και γίνονται κολλώδη, καταρρέει η δομή τους και απελευθερώνουν τις αρωματικές ενώσεις τους. Επομένως, χρειάζονται την κατάλληλη συσκευασία. Τα υπόλοιπα προϊόντα, τα οποία μετά το πέρας της αφυδάτωσης βρίσκονται στην ελαστική φάση, χρειάζονται υδατοστεγείς συσκευασίες και αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ειδικά τα τρόφιμα με λίπος ή λιποδιαλυτές ενώσεις χρειάζεται να μην έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο, ώστε να ελαχιστοποιείται η οξείδωση των λιποειδών. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη συσκευασία ή και προστατευτική ατμόσφαιρα [3].

Κεφάλαιο 3^ο : Χαρακτηριστικά των αποξηραμένων τροφίμων

Η ποιότητα του αποξηραμένου φρούτου εξαρτάται από τα δομικά, τα οπτικά, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, τη θρεπτική αξία. Επίσης, σχετίζεται με την υφή του, όπως εκείνη ελέγχεται με δοκιμασίες συμπίεσης ή εφελκυσμού.

Δομικά χαρακτηριστικά : πυκνότητα, πορώδες, μέγεθος πόρων, ειδικός όγκος

Οπτικά χαρακτηριστικά : χρώμα, εμφάνιση

Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά : άρωμα, γεύση

Θρεπτική αξία : περιεκτικότητα θρεπτικών συστατικών, όπως βιταμινών [5]

Κατά την ξήρανση, καταρρέει η δομή των τροφίμων, το οποίο προκαλεί απώλεια των πτητικών ουσιών και μείωση της δυνατότητας επανυδάτωσης. Για την εκτίμηση του πορώδους μετράται η φαινομενική πυκνότητα του τροφίμου (bulk density), η οποία είναι το πηλίκο της μάζας του (m) προς το φαινομενικό όγκο (V_b), όπως εκείνος υπολογίζεται από τα εξωτερικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, και η πραγματική πυκνότητα (solid density), η οποία είναι το πηλίκο της μάζας του (m) προς τον όγκο των στερεών του τροφίμου, ο οποίος είναι η διαφορά του όγκου των ανοιχτών και κλειστών, γεμάτων με αέρα πόρων (V_p) από τον ολικό όγκο (V_b).

$$\rho_b = m/V_b$$

$$\rho_s = m/(V_b - V_p) \text{ [6]}$$

Σε ανάλυση της μικροδομής των ιστών ωμών, blanched και αποξηραμένων λαχανικών, όπως πατάτας, φαίνεται ότι το blanching προκαλεί ζελατινοποίηση του αμύλου και αυξάνει το μέγεθος της περιοχής μεταξύ των κυττάρων, αλλά δε σπάει το κυτταρικό τοίχωμα. Η ξήρανση με συναγωγή προκαλεί συρρίκνωση των κυττάρων και καταστροφή μερικών κυτταρικών τοιχωμάτων. Η ξήρανση με θερμό αέρα προκαλεί μεγαλύτερες ζημιές στα κύτταρα, ενώ η ξήρανση υπό κατάψυξη προκαλεί τη μεγαλύτερη καταστροφή της μικροδομής των ιστών [4].

Κάποιες μέθοδοι αφυδάτωσης στοχεύουν στην παραγωγή τροφίμων με λειτουργικές βιοχημικές πορείες, όπως οι σπόροι δημητριακών και η δραστική ζύμη αρτοποιίας, ενώ για άλλες δεν είναι σημαντική η βιωσιμότητα των κυττάρων του προϊόντος, αλλά η σταθερότητα κατά την αποθήκευση, όπως τα φρούτα και το κρέας. Φαίνεται ότι δεν απενεργοποιούνται όλα τα ένζυμα κατά την ξήρανση και κάποια ενζυμική δραστηριότητα παραμένει σε όλη τη διάρκειά της και, στη συνέχεια, κατά την επανυδάτωση αποξηραμένου φυτικού ιστού.

Υπάρχουν απώλειες βιταμινών κατά την ξήρανση [7]. Η ξήρανση στον ήλιο δε μειώνει τα αντιοξειδωτικά, όπως λυκοπένιο και βιταμίνη C, περισσότερο από την ξήρανση με χρήση ηλιοσυλλεκτών, ενώ τα τελικά προϊόντα της έχουν φωτεινότερο χρώμα [8]. Οι ποσότητες των ελεύθερων μορφών των βιταμινών B1, B2, B3 και B6 αυξάνονται κατά την ξήρανση, εν μέρει λόγω της αποδέσμευσής τους από τα μόρια με τα οποία ήταν συνδεδεμένες. Η ποσότητα του παντοθενικού οξέος μειώνεται κατά την ξήρανση [9].

Σύμφωνα με μία μελέτη σε σπανάκι και φύλλα κολοκύθας, ξήρανση υπό σκιά οδηγεί σε όμοιες συγκεντρώσεις μακροθρεπτικών συστατικών, όμως διατηρεί μεγαλύτερες ποσότητες αντιοξειδωτικών του τροφίμου, που υφίσταται ξήρανση [10].

Κεφάλαιο 4^ο : Σταφίδες

Οι σταφίδες είναι αποξηραμένα σταφύλια, συνήθως από ποικιλίες χωρίς κουκούτσι. Τα δύο είδη που παράγονται στην Ελλάδα είναι η Κορινθιακή σταφίδα και η Σουλτανίνα. Για την ξήρανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια μέθοδος ξήρανσης στον ήλιο, ξήρανσης υπό σκιά ή μηχανικής ξήρανσης. Οι σταφίδες είναι καλή πηγή υδατανθράκων (κυρίως σακχάρων), διαιτητικών ινών, υδατοδιαλυτών βιταμινών και καλίου.

Οι σταφίδες (raisins και currants (Corinthian raisins)) είναι ένα γεωργικό προϊόν, που περιέχει μεγάλες ποσότητες σακχάρων. Το ποσοστό επί υγρής βάσης σε σάκχαρα μπορεί να είναι ως και 70%. Ο προσδιορισμός υγρασίας σε τέτοια προϊόντα με ξήρανση σε φούρνο δεν οδηγεί σε σταθερό τελικό βάρος. Παρατηρείται πολύ σημαντική, συνεχής απώλεια μάζας, η οποία αποδίδεται σε κάποιου είδους αντίδραση αποσύνθεσης των στερεών του δείγματος [11].

Η Ελλάδα είναι η μόνη χώρα της Ευρωπαϊκής ένωσης που παράγει σταφίδες. Δύο είναι οι κύριες ποικιλίες που καλλιεργούνται: η Κορινθιακή και η Σουλτανίνα. Η Κορινθιακή παράγεται κυρίως στην Πελοπόννησο, ενώ η Σουλτανίνα στην Κρήτη [12].

Κεφάλαιο 5^ο : Αναλυτικές τεχνικές προσδιορισμού βιταμινών στα τρόφιμα

Η σταθερότητα των περισσότερων βιταμινών είναι επιρρεπής σε διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η συγκέντρωση οξυγόνου, το φως και το pH. Προσδιορίζονται συχνότερα στην ελεύθερη μορφή τους, διαδικασία που περιλαμβάνει την υδρόλυση των φωσφορυλιωμένων μορφών τους και την υδρόλυση των δεσμών μεταξύ πρωτεϊνών και βιταμινών, πριν το διαχωρισμό με χρωματογραφία.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι προσδιορισμού βιταμινών στα φρούτα με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (high-performance liquid chromatography, HPLC), τριχοειδική ηλεκτροφόρηση (capillary electrophoresis, CE) ή μικροβιολογικές τεχνικές. Η HPLC σε συνδυασμό με ηλεκτροχημικό ανιχνευτή (HPLC-ED) είναι μια ευαίσθητη και εκλεκτική μέθοδος για τον προσδιορισμό οξειδοαναγωγικών ενώσεων όπως το ασκορβικό οξύ [13].

Ο ταυτόχρονος προσδιορισμός των βιταμινών σε κάποιο τρόφιμο είναι ένα περίπλοκο πρόβλημα, επειδή οι βιταμίνες έχουν διάφορες χημικές δομές με ποικίλες δομικές ιδιότητες και είναι δύσκολη η ανάπτυξη μιας γενικής μεθόδου προσδιορισμού, τα τρόφιμα είναι περίπλοκα υποστρώματα και οι βιταμίνες βρίσκονται σε πολύ μικρές συγκντρώσεις στα μη εμπλουτισμένα τρόφιμα.

Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι διαχωρισμού των υδατοδιαλυτών βιταμινών με υγρή χρωματογραφία (LC), όπως με χρωματογραφία αναστρόφου φάσεως, ιονανταλλαγής κλπ. Συνήθως χρησιμοποιείται ανίχνευση φασματοφωτομετρικά, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί φθορισμομετρική μέθοδος για τις βιταμίνες B2 και B6, που είναι εκ φύσεως φθορίζουσες, και για τη θειαμίνη, που φθορίζει μετά από παραγωγοποίηση [14].

Οι μικροβιολογικές δοκιμασίες είναι η μέθοδος αναφοράς για τις βιταμίνες B5, B6, B9 και B12, σύμφωνα με την AOAC International. (Official Methods of Analysis, AOAC). Ο προσδιορισμός των βιταμινών σε περίπλοκες μήτρες με συνδυασμό υγρής χρωματογραφίας και φασματομετρία μάζας (liquid chromatography–mass spectrometry, LC–MS) παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία και εξειδίκευση, ενώ καθιστά εφικτή την ταυτόχρονη ανάλυση βιταμινών [15].

Μέρος Β': Πειραματικό μέρος

Κεφάλαιο 6^ο : Πειραματικές διαδικασίες

Τα πειράματα στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν υπό συνθήκες σκότους, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος καταστροφής των φωτοευαίσθητων βιταμινών, δηλαδή της ριβοφλαβίνης [24-27]. Πριν ξεκινήσει η πειραματική πορεία, δημιουργούνται τα διαλύματα θειικού οξέος και οξικού νατρίου με κατάλληλες αραιώσεις.

6.1. Δείγματα

Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν δείγματα Κορινθιακής σταφίδας από 9 παραγωγούς, καθένας από τους οποίους παρείχε δύο δείγματα από τα σταφύλια που είχε ξηράνει, δηλαδή ένα από τα σταφύλια που ξηράνθηκαν με απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και ένα από τα σταφύλια που ξηράνθηκαν υπό σκιά.

6.2. Προκατεργασία δείγματος

Όργανα

Αναλυτικός ζυγός Sartorius, ακρίβειας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων, vortex, φούρνος (Raven Oven LTE Scientific), φυγόκεντρος, pH-μετρο (744 Metrohm)

Αντιδραστήρια

Απιονισμένο νερό, οξικό νάτριο (Merck, Darmstadt, Germany), ένζυμο τακαδιαστάση από το μύκητα *Aspergillus oryzae* (Sigma, Steinheim, Germany), θειικό οξύ 95-97% w/v (Sigma, Steinheim, Germany).

Σκεύη

Μεταλλικά στατό, δοκιμαστικοί σωλήνες με πόμα των 10mL, σιφώνιο των 5mL, πιπέτα Pasteur, πουάρ για σιφώνιο, πουάρ για πιπέτα Pasteur, σύριγγες των 5mL, δίσκοι διηθήσεως των 0,2μm, μικροφιαλίδια των 2mL με πόμα και πλαστικό septum, κατάλληλα για τη συσκευή HPLC, γουδί, σπάτουλα, πετσέτα

Πειραματική πορεία

1. Σε ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας Sartorius ζυγίζονταν περίπου 7,5g δείγματος αποξηραμένου φρούτου.
2. Ακολουθούσε ομογενοποίηση μηχανικά (με χρήση ιγδίου) και τα δείγματα τοποθετούνταν σε 3 σωλήνες χωρητικότητας 10mL, ώστε κάθε σωλήνας να περιέχει περίπου 2g φρούτου, ζυγισμένα με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων.
3. Γινόταν προσθήκη διαλύματος θειικού οξέος (H_2SO_4 0,1N, 4mL σε κάθε δείγμα.
4. Το δείγμα υποβαλλόταν σε vortex και τοποθετούταν στο φούρνο για 30min στους 121°C (120-122°C).
5. Μετά την πάροδο της μισής ώρας, τα δείγματα αφήνονταν να ψυχθούν μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου.
6. Ακολουθούσε ρύθμιση του pH του δείγματος με διάλυμα οξικού νατρίου (CH_3COONa) 2.5M. Οι τελικές τιμές του pH κυμαίνονταν μεταξύ 4,45-4,60.
7. Ζυγίζονταν 0,05g του ενζύμου τακαδιασπάση από *Aspergillus oryzae* και γινόταν προσθήκη του ενζύμου στο δείγμα.
8. Τα δείγματα παρέμεναν σε θερμοκρασία 35°C (34-36°C) για μία νύχτα.
9. Ακολουθούσε φυγοκέντρωση σε 2000rpm για 5 λεπτά.
10. Γινόταν παραλαβή του υπερκειμένου, διήθηση από ηθμό 0,20μm και τοποθέτηση σε μικροφιαλίδιο HPLC.

6.3 Χρωματογραφικός προσδιορισμός υδατοδιαλυτών βιταμινών

Όργανα

Σύστημα HPLC (Agilent Technologies, model 1050, Waldbronn, Germany), που περιελάμβανε αντλία 4 διαλυτών, αυτόματο δειγματολήπτη, ανιχνευτή σειράς φωτοδιόδων (HP-1050), φθορισμομετρικό ανιχνευτή (HP-1046A) και λογισμικό για ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων

Αντιδραστήρια

Ορθοφωσφορικό οξύ (SDS), H₂O, μεθανόλη χρωματογραφικής καθαρότητας (Merck, Darmstadt, Germany)

Χρωματογραφική ανάλυση

Για την ανάλυση, χρησιμοποιήθηκε σύστημα 2 διαλυτών αποτελούμενο από οξινισμένο νερό (ορθοφωσφορικό οξύ 0,5mL/L, A) και μεθανόλη (B) με βαθμωτή έκλυση από 100% A σε 33% B σε στήλη Purospher Star C18 endcapped (250 x 4,6mm, 5μm) (Merck, Darmstadt, Germany) και ροή διαλυτών 0,8mL/min (0-5min), 0,6mL/min (5-50min). Η ανίχνευση έγινε σε μήκη κύματος 210 nm, 270 nm και 320 nm. Ο ποσοτικός προσδιορισμός έγινε με σειρά 5 διαφορετικών συγκεντρώσεων εξωτερικών προτύπων βιταμινών. Η απόδοση των κορυφών έγινε με σύγκριση των χρόνων κατακράτησης με αυτούς των προτύπων και μελέτης του φάσματος UV.

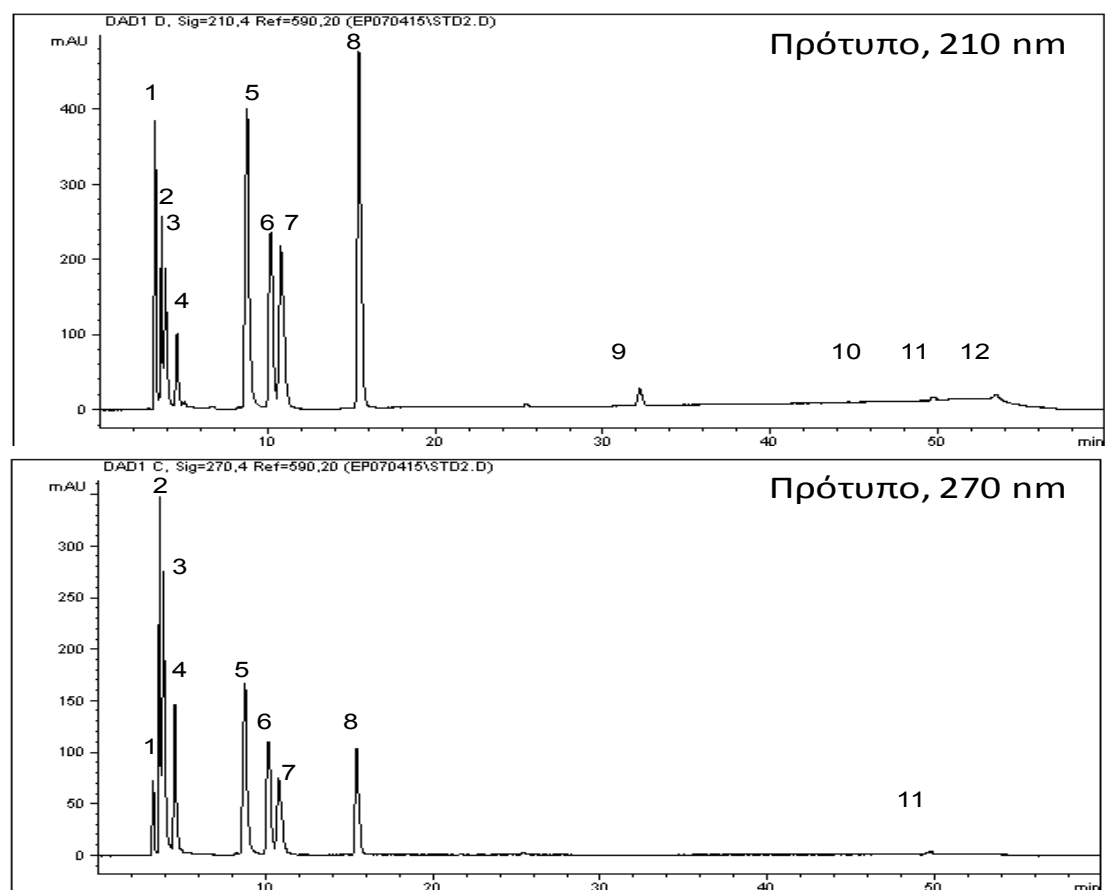
6.4 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics version 21. Πραγματοποιήθηκαν t στατιστικά τεστ ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t-test), προκειμένου να συγκριθούν οι μέσοι όροι των συγκεντρώσεων για κάθε βιταμίνη και να αξιολογηθεί το κατά πόσον υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Κεφάλαιο 7^ο: Αποτελέσματα – Συζήτηση

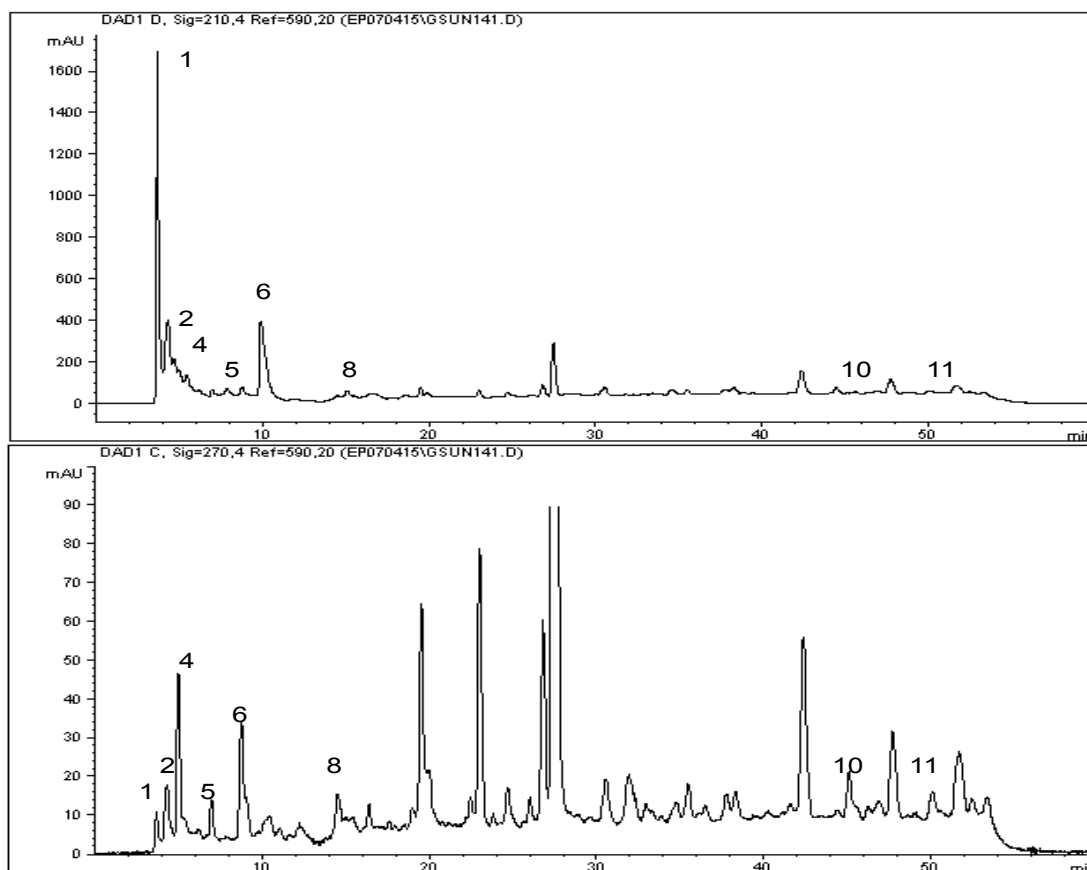
Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό υδατοδιαλυτών βιταμινών στην Κορινθιακή σταφίδα βασίζεται στο συνδυασμό πέψης με οξέα και ενζυμικής πέψης, ώστε να απελευθερωθούν όσες βιταμίνες είναι δεσμευμένες σε πρωτεΐνες και όσες είναι φωσφορυλιωμένες. Η ίδια μέθοδος έχει εφαρμοστεί στο παρελθόν για τον προσδιορισμό υδατοδιαλυτών βιταμινών σε μπάμιες [16]. Σύμφωνα με τους Ronald R. Eitenmiller, Lin Ye και W. O. Landen, Jr., στο βιβλίο τους «VITAMIN ANALYSIS FOR THE HEALTH AND FOOD SCIENCES» η μέθοδος αυτή προτείνεται από την AOAC για τον προσδιορισμό βιταμίνης B1, B2, B6 και νιασίνης [17]. Η διαδικασία έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στον προσδιορισμό των βιταμινών του συμπλέγματος B σε βρεφικά προϊόντα διατροφής, όπως φόρμουλες και προϊόντα με βάση τη σόγια, δημητριακά ή φρούτα.

Παρόμοιες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί και από άλλους ερευνητές με διαφορές, όπως τη χρήση υδροχλωρικού οξέος (HCl), αντί για θειικό οξύ (H₂SO₄) και οξικού αμμωνίου ([CH₃COO⁻][NH₄⁺]), αντί για οξικό νάτριο (CH₃COONa) [13, 14, 18] ή με φωσφορικό οξύ (H₃PO₄) [19] ή με χρήση υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) [20] ή με μετά νατρίου άλατος εξανοσφουρονικού οξέος, δισόξινου φωσφορικού καλίου και τριαιθυλαμίνης [21, 22] ή μόνο με τη χρήση διαλύματος οξικού αμμωνίου/μεθανόλης [15, 23].



Σχήμα 11

Ενδεικτικό χρωματογράφημα (σε μήκη κύματος 210nm και 270nm) πολυπροτύπου βιταμινών. Οι κορυφές, ταυτοποιούνται ως εξής: (1) Πυριδοξαμίνη, (2) Υδροχλωρική Θειαμίνη, (3) Μονοφωσφορική Θειαμίνη, (4) Πυροφωσφορική Θειαμίνη, (5) Νικοτιναμίδιο, (6) Νικοτινικό οξύ, (7) Πυριδοξάλη, (8) Πυριδοξίνη, (9) Παντοθενικό οξύ, (10) Ριβοφλαβίνη, (11) Φυλλικό οξύ, (12) Βιοτίνη.



Σχήμα 12

Ενδεικτικό χρωματογράφημα δείγματος σταφίδας (σε μήκη κύματος 210nm και 270nm), στο οποίο ταυτοποιούνται οι ακόλουθες βιταμίνες: (1) Πυριδοξαμίνη, (2) Υδροχλωρική Θειαμίνη, (4) Πυροφωσφορική Θειαμίνη, (5) Νικοτιναμίδιο, (6) Νικοτινικό οξύ, (8) Πυριδοξίνη, (10) Ριβοφλαβίνη, (11) Φυλλικό οξύ.

Σχετικά με τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες που επιλέχθηκαν να προσδιοριστούν αξίζει να αναφερθούν τα ακόλουθα:

(α) Η βιοτίνη και η βιταμίνη B12 δεν υπάρχουν στα φρούτα και ως εκ τούτου δεν επιλέχθηκαν προς αξιολόγηση.

(β) Το παντοθενικό οξύ δεν κατέστη δυνατό να ανιχνευθεί με την επιλεχθείσα μέθοδο, καθώς λόγω δομής απορροφά σε χαμηλά μήκη κύματος στα οποία υπήρξαν παρεμποδίσεις από το υπόστρωμα του τροφίμου [17, 28].

Αναφορικά με τα αποτελέσματα που ελήφθησαν στην παρούσα εργασία επισημαίνονται τα ακόλουθα:

Όλες οι αναλύσεις έλαβαν χώρα εις τριπλούν.

Οι μέσοι όροι των συγκεντρώσεων της βιταμίνης B1 για τα 18 δείγματα που

αναλύθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 1. Αντίστοιχα, για τη βιταμίνη B6 φαίνονται στον Πίνακα 3, για τη νιασίνη στον Πίνακα 5 και για τη βιταμίνη B2 και το φυλλικό οξύ στον Πίνακα 7.

Βιταμίνη B1: Ο μέσος όρος για τα δείγματα 1 έως 9 που ξηράνθηκαν στον ήλιο ήταν $0,20 \pm 0,01 \text{mg}/100\text{g}$, ενώ των δειγμάτων 1 έως 9 που ξηράνθηκαν υπό σκιά ήταν $0,21 \pm 0,01 \text{mg}/100\text{g}$ και φαίνονται στον Πίνακα 2. Η διαφορά τους βρέθηκε μικρή, αλλά στατιστικά σημαντική ($p=0,03 < 0,05$). Οι τιμές συγκρίνονται στο Σχήμα 1.

Βιταμίνη B6: Ο μέσος όρος για τα δείγματα 1 έως 9 που ξηράνθηκαν στον ήλιο ήταν $0,31 \pm 0,02 \text{mg}/100\text{g}$, ενώ των δειγμάτων 1 έως 9 που ξηράνθηκαν υπό σκιά ήταν $0,34 \pm 0,04 \text{mg}/100\text{g}$ και φαίνεται στον Πίνακα 4. Η διαφορά τους δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p=0,06 > 0,05$). Η πυριδοξίνη, ως ουσία με δραστηριότητα βιταμίνης B6, ήταν στατιστικά σημαντικά περισσότερη στα δείγματα που ξηράνθηκαν υπό σκιά ($p < 0,001$), αλλά η διαφορά δεν επηρέαζε αρκετά την ολική συγκέντρωση βιταμίνης B6. Οι τιμές συγκρίνονται στο Σχήμα 2.

Νιασίνη: Ο μέσος όρος για τα δείγματα 1 έως 9 που ξηράνθηκαν στον ήλιο ήταν $2,62 \pm 0,54 \text{mg}/100\text{g}$, ενώ των δειγμάτων 1 έως 9 που ξηράνθηκαν υπό σκιά ήταν $2,27 \pm 0,72 \text{mg}/100\text{g}$ και φαίνεται στον Πίνακα 6. Η διαφορά τους δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p=0,26 > 0,05$). Οι τιμές συγκρίνονται στο Σχήμα 3.

Βιταμίνη B2: Ο μέσος όρος για τα δείγματα 1 έως 9 που ξηράνθηκαν στον ήλιο ήταν $0,12 \pm 0,02 \text{mg}/100\text{g}$, ενώ των δειγμάτων 1 έως 9 που ξηράνθηκαν υπό σκιά ήταν $0,08 \pm 0,02 \text{mg}/100\text{g}$ και φαίνεται στον Πίνακα 8. Η διαφορά τους βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p < 0,001$). Οι τιμές συγκρίνονται στο Σχήμα 4. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αντίθετο από αυτό που θα περιμέναμε από μία φωτοευαίσθητη βιταμίνη, όπως η ριβοφλαβίνη [24-27]. Πιθανότατα οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα.

Φυλλικό οξύ: Ο μέσος όρος για τα δείγματα 1 έως 9 που ξηράνθηκαν στον ήλιο ήταν $0,007 \text{mg}/100\text{g}$ ενώ των δειγμάτων 1 έως 9 που ξηράνθηκαν υπό σκιά ήταν $0,014 \text{mg}/100\text{g}$ και φαίνεται στον Πίνακα 8. Οι τυπικές αποκλίσεις ήταν $0,002 \text{mg}/100\text{g}$. Η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική ($p < 0,001$). Οι τιμές συγκρίνονται στο Σχήμα 5.

Οι διαφορές των συγκεντρώσεων βρέθηκαν σε κάποιες περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές, αλλά ήταν μικρές. Αν ληφθεί υπόψη η διακύμανση στην τελική ποσότητα νερού στα αφυδατωμένα τρόφιμα, είναι εμφανές ότι οι δύο μέθοδοι δεν είναι ουσιαστικά διαφορετικές, όσον αφορά στην επίδρασή τους στις βιταμίνες.

Πίνακας 1

Θειαμίνη (mg/100g), πυροφωσφορικός εστέρας θειαμίνης (mg/100g) και ολική βιταμίνη B1 (mg/100g) στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Δείγμα	Ξήρανση	Θειαμίνη	Π.Ε. θειαμίνης	Βιταμίνη B1
1	Ήλιος	0,15	0,05	0,20
2	Ήλιος	0,14	0,06	0,20
3	Ήλιος	0,14	0,05	0,19
4	Ήλιος	0,15	0,05	0,21
5	Ήλιος	0,15	0,06	0,21
6	Ήλιος	0,14	0,06	0,20
7	Ήλιος	0,14	0,06	0,19
8	Ήλιος	0,14	0,06	0,20
9	Ήλιος	0,14	0,05	0,19
1	Σκιά	0,15	0,07	0,22
2	Σκιά	0,15	0,06	0,22
3	Σκιά	0,16	0,07	0,22
4	Σκιά	0,14	0,07	0,21
5	Σκιά	0,14	0,07	0,21
6	Σκιά	0,14	0,06	0,20
7	Σκιά	0,14	0,06	0,19
8	Σκιά	0,14	0,06	0,20
9	Σκιά	0,14	0,06	0,20

Θειαμίνη: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων υδροχλωρικής θειαμίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Π.Ε. θειαμίνης: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων πυροφωσφορικού εστέρα θειαμίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Βιταμίνη B1: ολική συγκέντρωση βιταμίνης B1 των δειγμάτων (άθροισμα των «Θειαμίνη» και «Π.Ε. θειαμίνης»)

Πίνακας 2

Επίδραση της μεθόδου ξήρανσης στο περιεχόμενο της Κορινθιακής σταφίδας σε βιταμίνη B1 (mg/100g), όπως αυτή προέκυψε από τη στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

	Δείγμα	Ξήρανση	Θειαμίνη	Π.Ε. θειαμίνης	Βιταμίνη B1
Μέσος όρος	1-9	Ήλιος	0,14	0,06	0,20
Τυπική απόκλιση	1-9	Ήλιος	0,01	<0,01	0,01
Μέσος όρος	1-9	Σκιά	0,14	0,06	0,21
Τυπική απόκλιση	1-9	Σκιά	0,01	<0,01	0,01
Στατιστική σημαντικότητα			0,65	<0,001	0,03

Θειαμίνη: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων υδροχλωρικής θειαμίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Π.Ε. θειαμίνης: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων πυροφωσφορικού εστέρα θειαμίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Βιταμίνη B1: ολική συγκέντρωση βιταμίνης B1 των δειγμάτων (άθροισμα των «Θειαμίνη» και «Π.Ε. θειαμίνης»)

Μέσος όρος: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

Τυπική απόκλιση: η τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

Στατιστική σημαντικότητα: η τιμή p για τον έλεγχο ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των συγκεντρώσεων για την κάθε βιταμίνη, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Πίνακας 3

Πυριδοξαμίνη (mg/100g), πυριδοξίνη (mg/100g) και ολική βιταμίνη B6 (mg/100g) στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Δείγμα	Ξήρανση	Πυριδοξαμίνη	Πυριδοξίνη	Βιταμίνη B6
1	Ήλιος	0,14	0,19	0,33
2	Ήλιος	0,13	0,16	0,29

3	Ήλιος	0,14	0,15	0,29
4	Ήλιος	0,18	0,14	0,32
5	Ήλιος	0,17	0,15	0,32
6	Ήλιος	0,18	0,16	0,34
7	Ήλιος	0,15	0,19	0,34
8	Ήλιος	0,13	0,16	0,29
9	Ήλιος	0,12	0,17	0,30
1	Σκιά	0,17	0,22	0,38
2	Σκιά	0,15	0,24	0,40
3	Σκιά	0,12	0,21	0,33
4	Σκιά	0,17	0,21	0,38
5	Σκιά	0,14	0,22	0,37
6	Σκιά	0,16	0,21	0,37
7	Σκιά	0,13	0,21	0,34
8	Σκιά	0,12	0,16	0,28
9	Σκιά	0,12	0,17	0,29

Πυριδοξαμίνη: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων πυριδοξαμίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Πυριδοξίνη: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων πυριδοξίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Βιταμίνη B6: ολική συγκέντρωση βιταμίνης B6 των δειγμάτων (άθροισμα των «Πυριδοξαμίνη» και «Πυριδοξίνη»)

Πίνακας 4

Επίδραση της μεθόδου ξήρανσης στο περιεχόμενο της Κορινθιακής σταφίδας σε βιταμίνη B6 (mg/100g), όπως αυτή προέκυψε από τη στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

	Δείγμα	Ξήρανση	Πυριδοξαμίνη	Πυριδοξίνη	Βιταμίνη B6
Μέσος όρος	1-9	Ήλιος	0,15	0,16	0,31
Τυπική απόκλιση	1-9	Ήλιος	0,02	0,02	0,02
Μέσος όρος	1-9	Σκιά	0,14	0,20	0,35

Τυπική απόκλιση	1-9	Σκιά	0,02	0,03	0,04
Στατιστική σημαντικότητα			0,44	<0,001	0,06

Πυριδοξαμίνη: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων πυριδοξαμίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Πυριδοξίνη: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων πυριδοξίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Βιταμίνη Β6: ολική συγκέντρωση βιταμίνης Β6 των δειγμάτων (άθροισμα των «Πυριδοξαμίνη» και «Πυριδοξίνη»)

Μέσος όρος: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

Τυπική απόκλιση: η τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

Στατιστική σημαντικότητα: η τιμή p για τον έλεγχο ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των συγκεντρώσεων για την κάθε βιταμίνη, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Πίνακας 5

Νικοτινικό οξύ (mg/100g), νικοτιναμίδιο (mg/100g) και ολική νιασίνη (mg/100g) στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Δείγμα	Ξήρανση	Νικοτινικό οξύ	Νικοτιναμίδιο	Νιασίνη
1	Ήλιος	0,88	1,14	2,02
2	Ήλιος	1,23	1,37	2,60
3	Ήλιος	0,88	1,14	2,02
4	Ήλιος	1,94	1,71	3,65
5	Ήλιος	1,01	1,35	2,36
6	Ήλιος	1,13	1,09	2,22
7	Ήλιος	1,15	1,52	2,67
8	Ήλιος	1,03	1,93	2,97
9	Ήλιος	1,36	1,74	3,10
1	Σκιά	1,12	0,70	1,83
2	Σκιά	0,39	1,01	1,40
3	Σκιά	1,16	1,27	2,43

4	Σκιά	0,41	0,99	1,40
5	Σκιά	1,00	0,97	1,97
6	Σκιά	1,07	0,98	2,05
7	Σκιά	1,12	2,06	3,18
8	Σκιά	1,19	2,07	3,26
9	Σκιά	0,90	2,03	2,93

Νικοτινικό οξύ: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων νικοτινικού οξέος εκφρασμένων σε mg/100g

Νικοτιναμίδιο: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων νικοτιναμιδίου εκφρασμένων σε mg/100g

Νιασίνη: ολική συγκέντρωση νιασίνης των δειγμάτων (άθροισμα των «Νικοτινικό οξύ» και «Νιασίνη»)

Πίνακας 6

Επίδραση της μεθόδου ξήρανσης στο περιεχόμενο της Κορινθιακής σταφίδας σε νιασίνη (mg/100g), όπως αυτή προέκυψε από τη στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

	Δείγμα	Ξήρανση	Νικοτινικό οξύ	Νικοτιναμίδιο	Νιασίνη
Μέσος όρος	1-9	Ήλιος	1,18	1,44	2,62
Τυπική απόκλιση	1-9	Ήλιος	0,33	0,30	0,54
Μέσος όρος	1-9	Σκιά	0,93	1,34	2,27
Τυπική απόκλιση	1-9	Σκιά	0,31	0,55	0,72
Στατιστική σημαντικότητα			0,12	0,64	0,26

Νικοτινικό οξύ: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων νικοτινικού οξέος εκφρασμένων σε mg/100g

Νικοτιναμίδιο: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων νικοτιναμιδίου εκφρασμένων σε mg/100g

Νιασίνη: ολική συγκέντρωση νιασίνης των δειγμάτων (άθροισμα των «Νικοτινικό οξύ» και «Νιασίνη»)

Μέσος όρος: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

Τυπική απόκλιση: η τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

Στατιστική σημαντικότητα: η τιμή p για τον έλεγχο ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των συγκεντρώσεων για την κάθε βιταμίνη, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Πίνακας 7

Βιταμίνη B2 (mg/100g) και φυλλικό οξύ (mg/100g) στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Δείγμα	Ξήρανση	Βιταμίνη B2	Φυλλικό οξύ
1	Ήλιος	0,15	0,01
2	Ήλιος	0,13	0,01
3	Ήλιος	0,13	0,01
4	Ήλιος	0,10	<0,01
5	Ήλιος	0,11	0,01
6	Ήλιος	0,12	<0,01
7	Ήλιος	0,11	0,01
8	Ήλιος	0,09	0,01
9	Ήλιος	0,11	0,01
1	Σκιά	0,11	0,01
2	Σκιά	0,11	0,02
3	Σκιά	0,08	0,02
4	Σκιά	0,07	0,02
5	Σκιά	0,07	0,01
6	Σκιά	0,07	0,01
7	Σκιά	0,06	0,02
8	Σκιά	0,06	0,01
9	Σκιά	0,07	0,02

Βιταμίνη B2: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων ριβοφλαβίνης εκφρασμένων σε mg/100g

Φυλλικό οξύ: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων φυλλικού οξέος εκφρασμένων σε mg/100g

Πίνακας 8

Επίδραση της μεθόδου ξήρανσης στο περιεχόμενο της Κορινθιακής σταφίδας σε βιταμίνη B2 (mg/100g) και φυλλικό οξύ (mg/100g), όπως αυτή προέκυψε από τη στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

	Δείγμα	Ξήρανση	Βιταμίνη	
			B2	Φυλλικό οξύ
Μέσος όρος	1-9	Ήλιος	0,12	0,01
Τυπική απόκλιση	1-9	Ήλιος	0,02	<0,01
Μέσος όρος	1-9	Σκιά	0,08	0,01
Τυπική απόκλιση	1-9	Σκιά	0,02	<0,01
Στατιστική σημαντικότητα			<0,001	<0,001

Βιταμίνη B2: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων ριβοφλαβίνης εκφρασμένων σε mg/100g

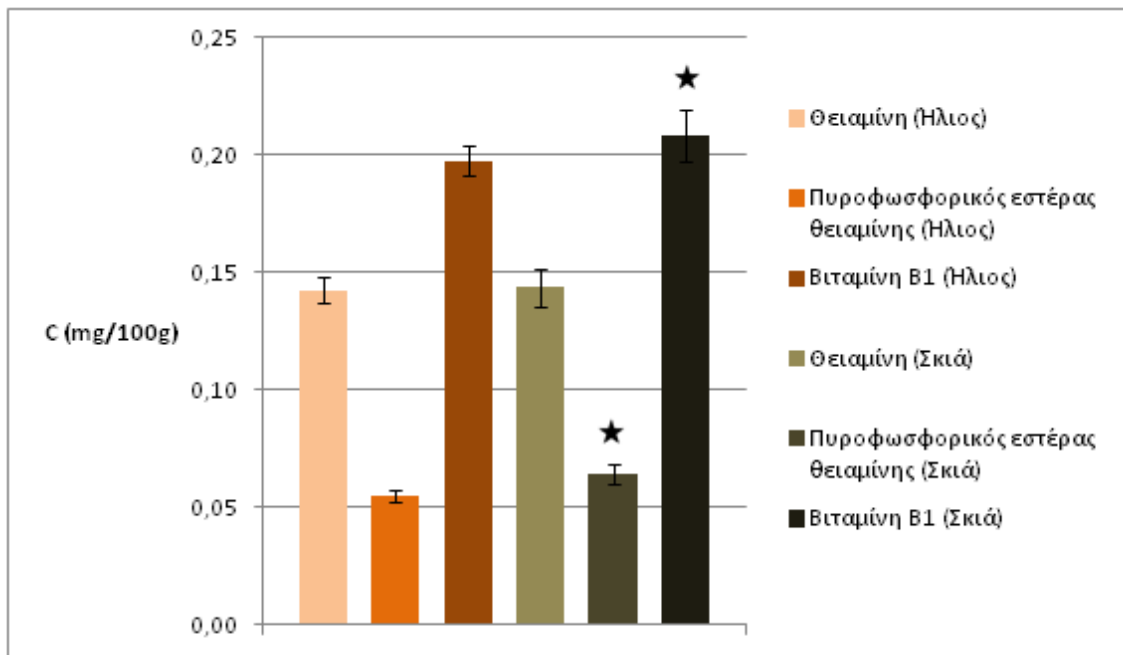
Φυλλικό οξύ: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων φυλλικού οξέος εκφρασμένων σε mg/100g

Μέσος όρος: ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

Τυπική απόκλιση: η τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων των δειγμάτων 1 έως 9

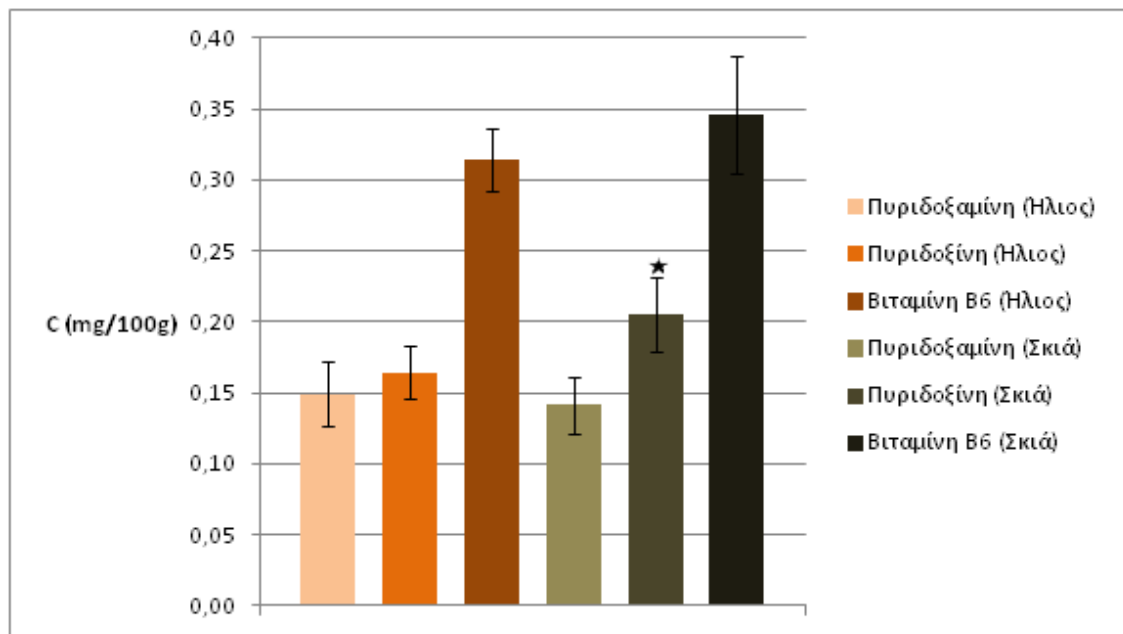
Στατιστική σημαντικότητα: η τιμή p για τον έλεγχο ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των συγκεντρώσεων για την κάθε βιταμίνη, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Στα σχήματα που ακολουθούν παρατίθενται ραβδογράμματα με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των συγκεντρώσεων των βιταμινών. Με αστεράκι συμβολίζονται οι μέσοι όροι των συγκεντρώσεων των βιταμινών με στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δείγματα των δύο μεθόδων ξήρανσης. Με C (mg/100g) συμβολίζεται η περιεκτικότητα σε βιταμίνες.



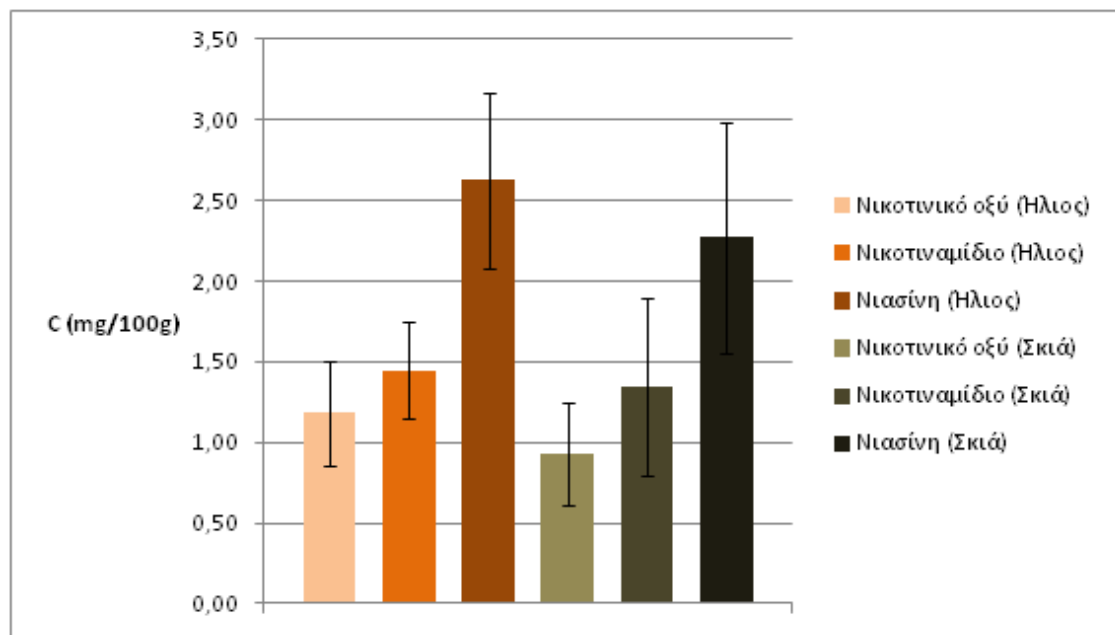
Σχήμα 13

Ραβδόγραμμα με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των συγκεντρώσεων θειαμίνης, πυροφωσφορικού εστέρα θειαμίνης και ολικής βιταμίνης B1 στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης



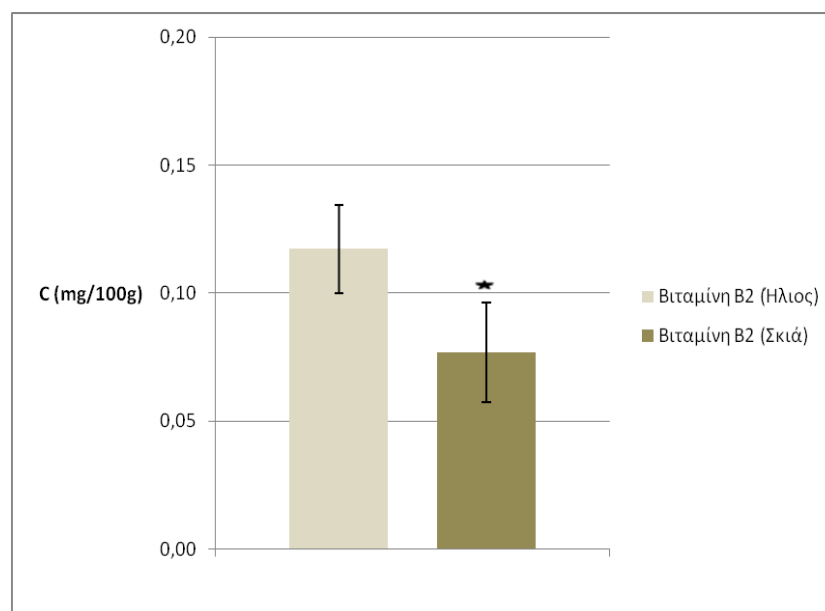
Σχήμα 14

Ραβδόγραμμα με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των συγκεντρώσεων πυριδοξαμίνης, πυριδοξίνης και ολικής βιταμίνης B6 στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης



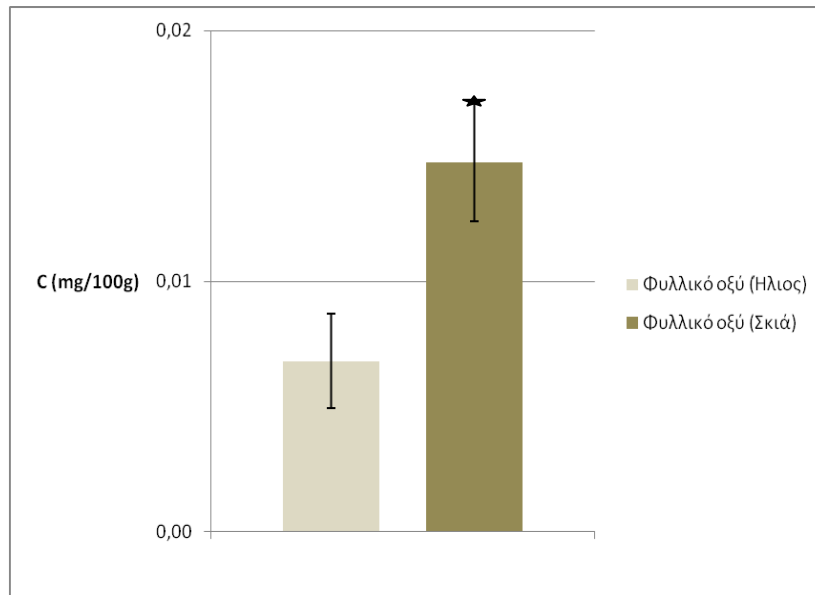
Σχήμα 15

Ραβδόγραμμα με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των συγκεντρώσεων νικοτινικού οξέος, νικοτιναμιδίου και ολικής νιασίνης στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης



Σχήμα 16

Ραβδόγραμμα με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των συγκεντρώσεων βιταμίνης B2 στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης



Σχήμα 17

Ραβδόγραμμα με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των συγκεντρώσεων φυλλικού οξέος στην Κορινθιακή σταφίδα, ανάλογα με τη μέθοδο ξήρανσης

Στον Πίνακα 9 γίνεται σύγκριση των συγκεντρώσεων των βιταμινών, που ανιχνεύθηκαν στα δείγματα της μελέτης αυτής, με τιμές από βάσεις δεδομένων, που υπάρχουν στο πρόγραμμα Nutritionist Pro version 5.2.0, 2016. Οι βάσεις δεδομένων που επιλέχθηκαν ήταν η USDA Standard Reference Database (USDA), η UK Comp Foods Integrated Dataset (CoFIDS) και η Canadian Nutrient File. Τα τρόφιμα που επιλέχθηκαν ήταν σταφίδες και δαμάσκηνα. Χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων και των 18 δειγμάτων, επειδή οι τυχόν διαφορές των τιμών, λόγω των διαφορετικών μεθόδων ξήρανσης, ήταν ουσιαστικά μικρές. Φαίνεται ότι οι τιμές είναι της ίδιας τάξης μεγέθους για όλες τις σταφίδες, ενώ από τη σύγκριση Κορινθιακής σταφίδας-δαμάσκηνων προκύπτει ότι η Κορινθιακή σταφίδα έχει περισσότερο βιταμίνη B1, νιασίνη και φυλλικό οξύ, αλλά λιγότερη βιταμίνη B2.

Πίνακας 9

Σύγκριση των συγκεντρώσεων, εκφρασμένων σε mg/100g, των βιταμινών B1, B2, πυριδοξίνης, νιασίνης και φυλλικού οξέος των δειγμάτων Κορινθιακής σταφίδας με τις τιμές άλλων ξηρών φρούτων όπως αυτές ανακτήθηκαν από βάσεις δεδομένων

	Βιταμίνη B1	Βιταμίνη B2	Πυριδοξίνη	Νιασίνη	Φυλλικό οξύ
Currants, Zante, Dried (USDA)	0,16	0,14	0,30	1,60	0,010
Raisins, Seedless (USDA)	0,11	0,13	0,17	0,77	0,005
Raisins (CoFIDS)	0,12	0,05	0,25	0,60	0,010
Raisins, Golden, Seedless, Packed (USDA)	0,01	0,19	0,32	1,14	0,003
Raisins, Sultana, Seedless (Canadian Nutrient File)	0,11	0,12	0,17	0,77	0,005
Sultanas (CoFIDS)	0,09	0,05	0,25	0,80	0,027
Prunes (CoFIDS)	0,10	0,20	0,24	1,50	0,004
Prunes, Dried (USDA)	0,05	0,19	0,20	1,88	0,004
Μέσος όρος των δειγμάτων 1-18	0,20	0,10	0,18	2,45	0,010

Μέσος όρος των δειγμάτων 1-18 : η κατά μέσο όρο συγκέντρωση της κάθε βιταμίνης όλων των δειγμάτων σταφίδας, εκφρασμένη σε mg/100g

Οι καθημερινές ανάγκες βιταμινών είναι διαφορετικές για κάθε πληθυσμιακή ομάδα. Η κατανάλωση μίας μικρομερίδας (18g) Κορινθιακής σταφίδας καλύπτει ένα μικρό ποσοστό αυτών των αναγκών. Οι συνιστώμενες προσλήψεις (Recommended Dietary Allowances, RDA) για άνδρες, γυναίκες και παιδιά και τα ποσοστά της κάλυψής τους φαίνονται στον Πίνακα 10. Χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων και των 18 δειγμάτων, επειδή οι τυχόν διαφορές των τιμών, λόγω των διαφορετικών μεθόδων ξήρανσης, ήταν ουσιαστικά μικρές.

Πίνακας 10

Έλεγχος του ποσοστού κάλυψης (%) του RDA (σε mg ανά ημέρα) των βιταμινών B1, B2, B6, νιασίνης και φυλλικού οξέος μετά την κατανάλωση μίας μικρομερίδας (18g) Κορινθιακής σταφίδας, σύμφωνα με το USDA

	Βιταμίνη B1	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B6	Νιασίνη	Φυλλικό οξύ
RDA ΥΑ	1,20	1,30	1,30	16,00	0,40
RDA ΥΓ	1,10	1,10	1,30	14,00	0,40

RDA ΥΠ	0,60	0,60	0,60	8,00	0,20
Μέσος όρος	0,04	0,02	0,06	0,44	<0,01
%RDA ΥΑ	3,04	1,34	4,57	2,75	0,48
%RDA ΥΓ	3,32	1,59	4,57	3,15	0,48
%RDA ΥΠ	6,09	2,91	9,90	5,51	0,97

RDA ΥΑ : το RDA για υγιείς άνδρες ηλικίας 18-50 ετών, εκφρασμένο σε mg ανά ημέρα (mg/day)

RDA ΥΓ : το RDA για υγιείς γυναίκες ηλικίας 18-50 ετών, που δεν είναι έγκυες και δεν κάνουν θηλασμό, εκφρασμένο σε mg ανά ημέρα (mg/day)

RDA ΥΠ : το RDA για υγιή παιδιά ηλικίας 4-8 ετών, εκφρασμένο σε mg ανά ημέρα (mg/day)

Μέσος όρος : η κατά μέσο όρο ποσότητα της κάθε βιταμίνης σε 18g δείγματος σταφίδας, εκφρασμένη σε mg

%RDA ΥΑ : το ποσοστό κάλυψης του RDA για υγιείς άνδρες ηλικίας 18-50 ετών

%RDA ΥΓ : το ποσοστό κάλυψης του RDA για υγιείς γυναίκες ηλικίας 18-50 ετών, που δεν είναι έγκυες και δεν κάνουν θηλασμό

%RDA ΥΠ : το ποσοστό κάλυψης του RDA για υγιή παιδιά ηλικίας 4-8 ετών

Τα RDA προέρχονται από το Institute of Medicine των National Academies [29].

Η διάθεση και πώληση της Κορινθιακής σταφίδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση πρέπει να είναι σύμφωνη με τη σύγχρονη νομοθεσία, προκειμένου να είναι νόμιμη. Στο παράρτημα του Κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 φαίνονται οι διατροφικές τιμές αναφοράς (nutrient reference values, NRV) [30]. Διατροφικός ισχυρισμός στην περίπτωση των βιταμινών και ανόργανων συστατικών μπορεί να υπάρχει στη συσκευασία του τροφίμου, εφόσον η ποσότητα της βιταμίνης στα 100g ξεπερνά το 15% του NRV. Για την Κορινθιακή σταφίδα είναι νόμιμος ο ισχυρισμός «Πηγή βιταμίνης B1, B6 και νιασίνης» [31].

Πίνακας 11

Έλεγχος του ποσοστού κάλυψης (%) του NRV (σε mg ανά ημέρα) των βιταμινών B1, B2, B6, νιασίνης και φυλλικού οξέος μετά την κατανάλωση 100g Κορινθιακής σταφίδας, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 1169/2011

	Βιταμίνη B1	Βιταμίνη B2	Βιταμίνη B6	Νιασίνη	Φυλλικό οξύ
NRV	1,1	1,4	1,4	16,0	0,2
Μέσος όρος 18g	0,04	0,02	0,06	0,44	<0,01
Μέσος όρος 100g	0,20	0,10	0,33	2,45	0,01
% NRV	18,2	7,1	23,6	15,3	5

NRV : το NRV του Κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 1169/2011, εκφρασμένο σε mg ανά ημέρα (mg/day)

Μέσος όρος 18g : η κατά μέσο όρο ποσότητα της κάθε βιταμίνης σε 18g δείγματος σταφίδας, εκφρασμένη σε mg

Μέσος όρος 100g : η κατά μέσο όρο ποσότητα της κάθε βιταμίνης σε 100g δείγματος σταφίδας, εκφρασμένη σε mg

% NRV: το ποσοστό κάλυψης του NRV για την κατανάλωση 100g Κορινθιακής σταφίδας

Περιορισμοί

Η μελέτη αυτή είχε ορισμένους περιορισμούς. Το εργαστήριο ανάλυσης του Πανεπιστημίου δεν ήταν πιστοποιημένο και η αναλυτική μέθοδος δεν ήταν διακριβωμένη από επίσημο φορέα. Επιπλέον, η σταφίδα είναι ένα φυσικό προϊόν, τα χαρακτηριστικά του οποίου παρουσιάζουν διακυμάνσεις, ανάλογα με τις πεδοκλιματικές συνθήκες και τη χρονική στιγμή συγκομιδής, καθώς και τις συνθήκες επεξεργασίας.

Συμπεράσματα

Η Κορινθιακή σταφίδα περιέχει τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες B1, B2, B6, νιασίνη και φυλλικό οξύ.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι κατάλληλη για τη σύγχρονο προσδιορισμό των εν λόγω βιταμινών στην Κορινθιακή σταφίδα.

Η μέθοδος ξήρανσης φάνηκε να επηρεάζει το περιεχόμενο των βιταμινών σε κάποιες περιπτώσεις, ήτοι του πυροφωσφορικού εστέρα της θειαμίνης, της πυριδοξίνης, του φυλλικού οξέος και της ριβοφλαβίνης. Σε κάθε περίπτωση όμως οι διαφορές που παρατηρήθηκαν αξιολογούνται ως πρακτικά μικρές.

Βιβλιογραφία

1. EFSA, Scientific Committee on Food, Scientific Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies *Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals*. February 2006.
2. Δημόπουλος Κ.Α., Αντωνοπούλου Σ., Συγγραφείς και εκδότες του βιβλίου *Βασική Βιοχημεία*, 2009.
3. Lewicki, P.P., *Design of hot air drying for better foods*. Trends in Food Science & Technology, 2006. **17**(4): p. 153-163.
4. Oikonomopoulou V., Krokida M., Karathanos V.T., *Influence of Structure on Saltiness and Sweetness of Dehydrated Food Products*. Drying Technology, 2013. **31**(7): p. 837-847.
5. Krokida M., Maroulis Z., *The effect of drying methods on viscoelastic behaviour of dehydrated fruits and vegetables*. International Journal of Food Science and Technology, 2000. **35**(4): p. 391-400.
6. Karathanos V.T., Kanellopoulos N.K., Belessiotis V.G., *Development of porous structure during air drying of agricultural plant products*. Journal of Food Engineering, 1996. **29**(2): p. 167-183.
7. Barbosa De Lima A.G., Da Silva J.V., Pereira E.M.A, Dos Santos I.B., De Lima W.M.P.B, *Drying of bioproducts: Quality and energy aspects*. Advanced Structured Materials, 2016. **63**: p. 1-18.
8. Maqsood S., Omer I., Eldin A.K., *Quality attributes, moisture sorption isotherm, phenolic content and antioxidative activities of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) as influenced by method of drying*. Journal of Food Science and Technology, 2015. **52**(11): p. 7059-7069.
9. Fernandes F.A.N., Rodrigues S., Cárcel J.A., García-Pérez J.V., *Ultrasound-Assisted Air-Drying of Apple (*Malus domestica* L.) and Its Effects on the Vitamin of the Dried Product*. Food and Bioprocess Technology, 2015. **8**(7): p. 1503-1511.
10. Oguiche Gladys, H.E., *Effect of drying methods on chemical composition of spinach "Aieifo" (*Amaranthus aquatica*) and pumpkin leaf (*Telfairia occidentalis*) and their soup meals*. Pakistan Journal of Nutrition, 2011. **10**(11): p. 1061-1065.

11. Vasilopoulou E., Trichopoulou A., *Greek raisins: A traditional nutritious delicacy*. Journal of Berry Research, 2014. **4**(3): p. 117-125.
12. Αποστολόπουλος, Κ. Δ., Φωτόπουλος, Χ. Β. (Επιμ.), (1999), “Τα Μεσογειακά προϊόντα ως παραδοσιακά ελληνικά προϊόντα και το μέλλον των μηχανισμών στήριξής τους”, Ινστιτούτο Γεωργοοικονομικών και Κοινωνιολογικών Ερευνών ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Υπ. Γεωργίας, Αθήνα.
13. Lebieđzińska A., Marszał M.L., Kuta J., Szefer P., *Reversed-phase high-performance liquid chromatography method with coulometric electrochemical and ultraviolet detection for the quantification of vitamins B1 (thiamine), B6 (pyridoxamine, pyridoxal and pyridoxine) and B12 in animal and plant foods*. Journal of Chromatography A, 2007. **1173**: p. 71-80.
14. Leporati A., Catellani D., Suman M., Andreoli R., Manini P., Niessen W.M.A., *Application of a liquid chromatography tandem mass spectrometry method to the analysis of water-soluble vitamins in Italian pasta* Analytica Chimica Acta, 2005. **531**(1): p. 87-95.
15. Santos J., Mendiola J.A., Oliveira M.B.P.P., Ibáñez E., Herrero M., *Sequential determination of fat- and water-soluble vitamins in green leafy vegetables during storage*. Journal of Chromatography A, 2012. **1261**: p. 179-188.
16. Sami R., Li Y., Qi B., Wang S., Zhang Q., Han F., Ma Y., Jing J., Jiang L., *HPLC analysis of water-soluble vitamins (B2, B3, B6, B12, and C) and fat-soluble vitamins (E, K, D, A, and β-Carotene) of okra (Abelmoschus esculentus)*. Journal of Chemistry, 2014. **2014**.
17. Eitenmiller R.R., Ye L., Landen W.O. Jr., *Vitamin analysis for the health and food sciences*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 662.
18. Viñas P., López-Erroz C., Balsalobre N., Hernández-Córdoba M., *Reversed-phase liquid chromatography on an amide stationary phase for the determination of the B group vitamins in baby foods*. Journal of Chromatography A, 2003. **1007**(1-2): p. 77-84.
19. León-Ruiz V., Vera S., González-Porto A.V., San Andrés M.P., *Analysis of Water-Soluble Vitamins in Honey by Isocratic RP-HPLC*. Food Analytical Methods, 2013. **6**(2): p. 488-496.
20. Ciulu M., Solinas S., Floris I., Panzanelli A., Pilo M.I., Piu P.C., Spano N., Sanna G., *RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey*. Talanta, 2011. **83**(3): p. 924-929.

21. Aslam J., Khan S.H., Khan S.A., *Quantification of water soluble vitamins in six date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivar's fruits growing in Dubai, United Arab Emirates, through high performance liquid chromatography*. Journal of Saudi Chemical Society, 2013. **17**(1): p. 9-16.
22. Aslam J., Mohajir M.S., Khan S.A., Khan A.Q., *HPLC analysis of water-soluble vitamins (B1, B2, B3, B5, B6) in in vitro and ex vitro germinated chickpea (Cicer arietinum L.)* African Journal of Biotechnology, 2008. **7**(14): p. 2310-2314.
23. Santos J., Herrero M., Mendiola J.A., Oliva-Teles M.T., Ibáñez E., Delerue-Matos C., Oliveira M.B.P.P., *Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life*. LWT - Food Science and Technology, 2014. **59**(1): p. 101-107.
24. Papachristou C., Badeka A., Chouliara E., Kondyli E., Athanasoulas A., Kontominas M.G., *Evaluation of polyethylene terephthalate as a packaging material for premium quality whole pasteurized milk in Greece : Part I. Storage in the dark*. European Food Research and Technology, 2006. **223**(6): p. 711-718.
25. Akalin A.S., Gönç S., Dinkçi N., *Concentrations of riboflavin in dairy products and the effect of refrigerated storage on its changes in UHT-milks*. Milchwissenschaft, 2003. **58**(11-12): p. 585-589.
26. Turhan K.N., Şahbaz F., *A simple method for determining light transmittance of polymer films used for packaging foods*. Polymer International, 2001. **50**(10): p. 1138-1142.
27. Muñoz A., Ortiz R., Murcia M.A., *Determination by HPLC of changes in riboflavin levels in milk and nondairy imitation milk during refrigerated storage* Food Chemistry, 1994. **49**(2): p. 203-206.
28. Hudson T.S., Subramanian S., Allen R.J., *Determination of pantothenic acid, biotin, and vitamin B12 in nutritional products*. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 1992. **67**(5): p. 994-998.
29. USDA, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies, Dietary Reference Intakes (DRIs) (https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf)
30. REGULATION (EU) No 1169/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2011 on the provision of food

information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004, Official Journal of the European Union, 2011

31. REGULATION (EC) No 1924/2006 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods, 2006