



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Σχολή Επιστημών
Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης &
Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ
ΦΡΟΥΤΟΥ ΜΕ ΒΙΤΑΜΙΝΗ C**

Enrichment of Processed Fruit with Vitamin C



· ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ | NAME OF STUDENT

Παναγιώτα Τέφα | Panagiota Tefa

· ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗ | NAME OF THE SUPERVISOR

Παναγιώτης Ζουμπουλάκης | Panagiotis Zoumpoulakis

Αιγάλεω 2023 | Aigaleo 2023

Επιτροπή Αξιολόγησης

1. Παναγιώτης Ζουμπουλάκης

Επιβλέπων καθηγητής

- Αναπληρωτής καθηγητής

2. Ειρήνη Στρατή

Μέλος επιτροπής

- Επίκουρη καθηγήτρια

3. Σπυρίδων Κοντελής

Μέλος επιτροπής

- Επίκουρος καθηγητής

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο **‘Εμπλουτισμός Επεξεργασμένου Φρούτου με Βιταμίνη C’** που παρουσιάστηκε από την **ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΤΕΦΑ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Παναγιώτης Ζουμπουλάκης

Ημερομηνία

Ειρήνη Στρατή

Ημερομηνία

Σπυρίδων Κοντελής

Δήλωση μη λογοκλοπής (Copyrights)

Γνωρίζοντας τις κυρώσεις του νόμου περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι η αποκλειστική συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, σε περίπτωση που αποδειχθεί διαχρονικά ότι η εργασία αυτή αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Παναγιώτα Τέφα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή όπου ο τομέας των τροφίμων γίνεται όλο και πιο απαιτητικός, είναι λογικό πως υπάρχει αρκετή ζήτηση για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών προς παραγωγή τροφίμων, τα οποία θα έχουν εξίσου καλή ποιότητα και ικανοποιητική σύσταση σε θρεπτικά συστατικά. Ένα από τα συστατικά αυτά είναι και η βιταμίνη C, η οποία είναι από τα πιο «περιζήτητα» θρεπτικά συστατικά στον τομέα του εμπλουτισμού τροφίμων. Η βιταμίνη C είναι όχι μόνο σημαντική βιταμίνη για τον οργανισμό, αλλά επίσης χρησιμοποιείται και ως αντιοξειδωτικό. Είναι δηλαδή αμέσως επόμενο ότι θα έχει πρωταρχικό ρόλο στα εμπλουτισμένα τρόφιμα, μαζί με άλλα μικροθρεπτικά συστατικά (πχ. μέταλλα).

Από τα φυσικά τρόφιμα, πολύ αξιόλογη πηγή βιταμίνης C αποτελεί η ασερόλα. Συγκεκριμένα, η ασερόλα είναι ένα τροπικό φρούτο που έχει περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ 50 – 100 φορές παραπάνω από ότι θα είχε ένα πορτοκάλι ή λεμόνι. Γνωρίζοντας αυτό, η χρήση της στον τομέα των τροφίμων έχει αρχίσει να γίνεται ακόμα πιο ευρεία.

Σε άλλα πλαίσια, ο εμπλουτισμός σαν τεχνική έχει θεμελιωθεί ήδη στον τομέα των τροφίμων και μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Η πηγή εμπλουτισμού μπορεί να είναι είτε φυσική (πχ. φρούτο) είτε τεχνητή (πχ. σκόνη βιταμίνης C). Στην περίπτωση της βιταμίνης C, είναι πιο σύνηθες να χρησιμοποιείται η τεχνητή πηγή, χωρίς βέβαια αυτό να είναι αποκλειστικό.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζονται και οι 2 τύποι εμπλουτισμού σε επεξεργασμένο φρούτο. Ο εμπλουτισμός έγινε με α) σιρόπι ασερόλας, β) ασκορβικό οξύ & γ) συνδυασμό αυτών (50 – 50). Οι δοκιμές επιβεβαιώθηκαν με την ογκομετρική μέθοδο μέτρησης του ασκορβικού οξέος στα δείγματα, με πρότυπο δ/μα 2,6-διγλωροφαινυλινδοφαινόλη (DCPIP). Αποδείχθηκε τελικά πως από τους τρεις αυτούς εμπλουτισμούς, ο εμπλουτισμός με συνδυασμό 50 – 50 ήταν ο πιο αποτελεσματικός από όλους.

Abstract

In the modern era where the food sector is becoming more and more demanding, it is logical that there is enough demand for the development of new technologies for the production of food, which will have equally good quality and a satisfactory composition of nutrients. One of these nutrients is vitamin C, which is one of the most "sought after" nutrients in the field of food fortification. Vitamin C is not only an important vitamin, but it is also used as an antioxidant. It is only expected that it has a primary role in fortified foods, along with other micronutrients (eg. minerals). Regarding natural foods, acerola is a very valuable source of vitamin C. Actually, acerola is a tropical fruit that has 50-100 times more ascorbic acid than an orange or lemon. Knowing this, its use in the food sector has started to become even more widespread.

In other contexts, enrichment as a technique is already established in the food sector and can be done in many ways. The source of enrichment can be either natural (e.g. fruit rich in vitamin C) or artificial (e.g. vitamin C powder). In the case of vitamin C, it is more common to use the artificial source, although this is not exclusive.

In the present thesis, both types of enrichment in processed fruit are examined. The enrichment was done with a) acerola syrup, b) ascorbic acid & c) a combination of these (50 – 50). The tests were confirmed by the volumetric method of measuring ascorbic acid in the samples, with 2,6-dichlorophenyldiphenol (DCPIP) standard solution. It turned out that of these three enrichments, the 50-50 combination enrichment was the most effective of all.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ασκορβικό οξύ ή Βιταμίνη C	8
1.1 Εισαγωγή	8
1.2 Χημική Δομή	9
1.3 Λειτουργικές Ιδιότητες	11
1.3.1 Αντιοξειδωτική Δράση	11
1.3.2 Άλλες Λειτουργίες	12
1.4 Διατροφή και Βιταμίνη C	13
1.5 Σταθερότητα	14
1.5.1 Παράγοντες Αποσταθεροποίησης	16
1.6 Χρήσεις Βιταμίνης C	19
1.7 Νομοθεσία Βιταμίνης C.....	20
1.8 Ισχυρισμοί Διατροφής & Υγείας	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Εναλλακτικοί τρόποι εμπλουτισμού βιταμίνης C σε τρόφιμα: Το παράδειγμα της acerola	23
2.1 Ασερόλα.....	23
2.2 Εμπλουτισμός Τροφίμων	26
2.3 Μέθοδοι Εμπλουτισμού Τροφίμων	26
2.3.1 Φυσική Πηγή Εμπλουτισμού.....	26
2.3.2 Τεχνητή Πηγή Εμπλουτισμού.....	27
2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τον εμπλουτισμό	28
2.4.1 Δοσολογία	28
2.4.2 Επεξεργασία/Αποθήκευση.....	28
2.4.3 Βάση τροφίμου	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Σκοπός πειράματος.....	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Υλικά και Μέθοδοι.....	31
4.1 Ογκομετρικός Προσδιορισμός βιταμίνης C	31
4.2 Συσκευές – Σκεύη – Αντιδραστήρια	33
4.3 Διαδικασία εμπλουτισμού και πειραματικός σχεδιασμός	33
4.4 Πειραματική Πορεία	35
4.4.1 Παρασκευή δ/τος του μετά νατρίου άλατος της 2,6- διχλωροφαινυλινδοφαινόλης	35
4.4.2 Τιτλοδότηση διαλύματος 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης	35
4.4.3 Ογκομέτρηση δειγμάτων	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Αποτελέσματα.....	36
5.1 Εκτίμηση του περιεχομένου βιταμίνης C στα επιμέρους συστατικά του εμπλουτισμού.....	36
5.2 Αποτελέσματα πρώτου εμπλουτισμού	38
5.3 Αποτελέσματα δεύτερου εμπλουτισμού.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Σχολιασμός Αποτελεσμάτων - Συζήτηση.....	42
6.1 Εκτίμηση συγκέντρωσης βιταμίνης C σε επιμέρους συστατικά του τελικού προϊόντος.....	42
6.2 Αξιολόγηση του πρώτου εμπλουτισμού με ασερόλα	43
6.3 Αξιολόγηση δεύτερου εμπλουτισμού με σκόνη ασκορβικού ή συνδυασμό σκόνης και σιροπιού ασερόλας	44
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Ασκορβικό οξύ ή βιταμίνη C

1.1 Εισαγωγή

Ιστορική Αναδρομή

Ιστορικά, η βιταμίνη C είναι ιδιαίτερα γνώριμη στο πέρασμα των χρόνων καθώς είναι η πρώτη βιταμίνη που ανακαλύφθηκε και η οποία χρησιμοποιήθηκε για την πρόληψη ενάντια στη γνωστή ασθένεια σκορβούτο (Vernin κ.ά. 1998). Οι περιπτώσεις στις οποίες υπήρξε ανεπάρκεια ασκορβικού οξέος (σκορβούτο) συνδέονται στενά με μεγάλης διάρκειας ταξίδια θαλάσσης, τα οποία παρατηρήθηκαν κατά τον 16^ο, 17^ο και 18^ο αιώνα. (Schlueter και Johnston 2011). Βέβαια, οι πρώτες καταγραφές του υπάρχουν σε αρχαία γραπτά των Αιγυπτίων, των Ελλήνων και των Ρωμαίων. (Sauberlich 1994). Τα συμπτώματα του σκορβούτου είναι η αιμορραγία των ούλων, πρησμένα και πονεμένα πόδια, εξασθενημένη επούλωση τραυμάτων, δερματικές αιμορραγίες, αναιμία, μώλωπες, απάθεια, αδυναμία ή ακόμη και ξαφνικός θάνατος. Υποστηρίζεται πως υπεύθυνη για αυτή την ασθένεια είναι η μειωμένη σύνθεση κολλαγόνου, του οποίου η βιοσύνθεση εξαρτάται από την βιταμίνη C. (Sauberlich 1994; Schlueter και Johnston 2011).

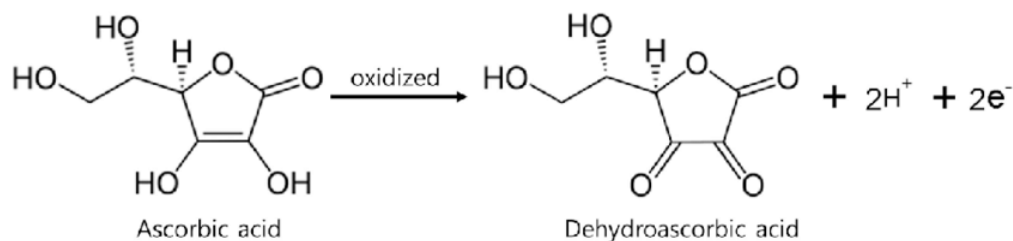
Εκείνος που βρήκε μια αποτελεσματική θεραπεία για το σκορβούτο ήταν ο James Lind, ο οποίος το 1747 δοκίμασε διάφορες θεραπείες σε άτομα με τα συμπτώματά του. Συγκεκριμένα, επέλεξε 12 άνδρες με συμπτώματα σκορβούτου και έδωσε 6 διαφορετικές θεραπείες σε κάθε ζευγάρι. Οι θεραπείες ήταν ως εξής: 1) ¼ μηλίτη την ημέρα, 2) εικοσιπέντε σταγόνες βιτριόλι την ημέρα, 3) δύο κουταλιές ξύδι 3 φορές την ημέρα, 4) ένα μικρό ποτήρι θαλασσινό νερό την ημέρα, 5) ένα εκλεκτικό καθαρτικό και 6) δύο πορτοκάλια και ένα λεμόνι για 6 ημέρες. Από τις θεραπείες αυτές, τα άτομα στα οποία δόθηκαν 2 πορτοκάλια και 1 λεμόνι για 6 συνεχόμενες ημέρες φάνηκε πως ανάκαμψαν. Αυτό ώθησε τα

Βρετανικά πλοία το 1796 να συμπεριλαμβάνουν λεμόνια για το πλήρωμα έτσι ώστε να αποφύγουν την εμφάνιση σκορβούτου.

Αργότερα, ο Albert Szent-Györgyi, από μελέτες που έκανε για αντιοξειδωτικές αντιδράσεις σε φυτά και ζώα, εντόπισε έναν αντισκορβουτικό παράγοντα και τον ονόμασε «εξουρονικό οξύ». Τέλος, το 1932 υπήρξαν ανεξάρτητες αναφορές τόσο του Albert Szent-Györgyi όσο και του Glen King, οι οποίες απέδειξαν πως ο αντισκορβουτικός παράγοντας ήταν η βιταμίνη C. (Schlueter και Johnston 2011).

1.2 Βιταμίνη C – Χημική Δομή

Η βιταμίνη C (ή αλλιώς L-ασκορβικό οξύ) είναι ένας απλός υδατάνθρακας δομής ενεδιόλης, με χαμηλό μοριακό βάρος. (Lykkesfeldt, Michels, και Frei 2014). Πιο αναλυτικά, η δομή της αποτελείται από ένα οξύ σακχάρου, μια γ-λακτόνη και μια ενεδιόλη. (Vernin κ.ά. 1998) Είναι μια φυσικώς απαντώμενη υδατοδιαλυτή βιταμίνη (National Center for Biotechnology Information 2011), η οποία είναι ασταθής αφού οξειδώνεται εύκολα σε δεϋδρο-L-ασκορβικό οξύ (DHA), χωρίς όμως να χάσει τη λειτουργικότητά της ως βιταμίνη. Παρόλα αυτά, η περαιτέρω αποσύνθεση του δεϋδρο-L-ασκορβικού οξέος σε 2,3-δικετογουλονικό οξύ (DKG) έχει ως συνέπεια την απώλεια αυτής της λειτουργικότητας. (Verbeyst κ.ά. 2013)



Εικόνα 1: Οξείδωση Ασκορβικού Οξέος

Η μετατροπή της σε 2,3-δικετογουλονικό οξύ έχει ως αποτέλεσμα την ρήξη του δακτυλίου λακτόνης, διαδικασία που είναι μη αναστρέψιμη. Περαιτέρω, αυτό μεταβολίζεται σε ξυλόζη, ξυλονικό, λυξονικό και οξαλικό οξύ. (Padayatty κ.ά. 2003)

Είναι επίσης διαλυτή και στο οινόπνευμα (Μανώλη κ.ά. 2019). Έχει δύο διαφορετικά pKa, με το πρώτο να είναι $pK_1 = 4,2$ και το δεύτερο $pK_2 = 11,6$. Συνεπώς, η κυρίαρχη μορφή του σε ουδέτερο pH θα είναι το ασκορβικό μονοανιόν $AscH^-$. Το σημείο τήξης της είναι ανάμεσα στους $169^\circ C - 191^\circ C$. (National Center for Biotechnology Information 2011)

Η καθαρή μορφή του ασκορβικού οξέος είναι μια σχεδόν άοσμη, λευκή ή ασθενής κίτρινη κρυσταλλική σκόνη, η οποία είναι ευδιάλυτη στο νερό και δημιουργεί άχρωμο υδατικό διάλυμα. Έχει ευχάριστη και ελαφρώς όξινη γεύση. (National Center for Biotechnology Information 2011)

Η σύνθεση της βιταμίνης C μπορεί να γίνει από τα περισσότερα σπονδυλωτά στο ήπαρ. Ειδικότερα, η βιταμίνη C συντίθεται από πρωτόγονα ψάρια, αμφίβια και ερπετά στα νεφρά, ενώ από τα θηλαστικά στο συκώτι. Στους οργανισμούς αυτούς, η σύνθεση ξεκινά από τη γλυκόζη. Όμως δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο στους ανθρώπους, στους πιθήκους και τα ινδικά χοιρίδια (guinea pigs). Αυτό οφείλεται στο ότι δεν διαθέτουν το απαραίτητο ένζυμο (οξειδάση) για την βιοσύνθεσή της. Πιο λεπτομερώς, το γονίδιο που κωδικοποιεί την L-γουλονολακτόνη, ένζυμο το οποίο χρειάζεται στο τελευταίο στάδιο σύνθεσης της βιταμίνης C, είναι μη λειτουργικό. Συμπερασματικά, οι ελλείψεις της πρέπει απαραίτητως να καλύπτονται διατροφικά στους ανθρώπους. (Du, Cullen, και Buettner 2012; Padayatty κ.ά. 2003; Vernin κ.ά. 1998)

1.3 Λειτουργικές Ιδιότητες

1.3.1 Αντιοξειδωτική Δράση

Αρχικά, το ασκορβικό οξύ αποτελεί όχι μόνο σημαντική βιταμίνη (Βιταμίνη C) αλλά είναι επίσης και ισχυρό φυσικό αντιοξειδωτικό. (Vernin κ.ά. 1998) Εκτενέστερα, η βιταμίνη C όταν δίνει ηλεκτρόνια, τα οποία δίνονται διαδοχικά, μετατρέπεται σε μία ελεύθερη ρίζα (ασκορβυλική ρίζα). Αυτή η ρίζα είναι ενδιάμεσο προϊόν και θεωρείται σχετικά σταθερή. Αυτό είναι πλεονέκτημα για τον οργανισμό, αφού μπορεί να αλληλεπιδράσει με ελεύθερες ρίζες (πχ. οξυγόνου, αζώτου) οι οποίες θα μπορούσαν να είναι βλαβερές. Έτσι, μπορεί να μειώσει ή να εξουδετερώσει τη δράση των επιβλαβών αυτών ριζών. Πέρα όμως από τις ελεύθερες ρίζες, μπορεί να αλληλοεπιδράσει και με ενώσεις αντιδραστικές (πχ. υποχλωριώδες οξύ, νιτροζαμίνες). Τέλος, υπάρχει και η περίπτωση όπου τα προϊόντα των 2 παραπάνω περιπτώσεων μπορούν να αντιδράσουν με το ασκορβικό οξύ. Παράδειγμα αποτελεί η ρίζα τοκοφεροξυλίου η οποία σε αλληλεπίδραση με την βιταμίνη C, μπορεί να αναστραφεί σε άλφα – τοκοφερόλη (Βιταμίνη E). (Padayatty κ.ά. 2003).

Συμπερασματικά, λόγω του αντιοξειδωτικού της χαρακτήρα χρησιμοποιείται και ως πρόσθετο σε πολλά τρόφιμα (E₃₀₀). (Burdurlu, Koca, και Karadeniz 2006) Τέλος, θεωρείται η λιγότερο πιθανή τοξική αντιοξειδωτική ουσία, με μεγάλη αποτελεσματικότητα, όσον αφορά τα θηλαστικά. (Sauberlich 1994).

1.3.2 Άλλες Λειτουργίες

Συμμετέχει σε διάφορες βιολογικές λειτουργίες, όπως για παράδειγμα στην ενίσχυση του σχηματισμού κολλαγόνου, ή στην σύνθεση γλυκοαμινογλυκανών για τις πρωτεογλυκάνες. (dos Santos Garcia κ.ά. 2020; Sauberlich 1994) Όσον αφορά το κολλαγόνο, μια πιο ειδική περιγραφή για τον μηχανισμό της είναι η εξής. Το ασκορβικό οξύ δρα ως δότης ηλεκτρονίων σε ένα ένζυμο, το οποίο έχει ως ρόλο την υδροξυλίωση του κολλαγόνου. Η διαδικασία αυτή κατά την οποία προστίθενται ομάδες υδροξυλίου στα αμινοξέα του μορίου του κολλαγόνου βοηθά στην δημιουργία μιας σταθερότερης δευτεροταγής δομής του. Άλλες δράσεις που μπορεί να έχει σε ένζυμα είναι στη βιοσύνθεση της νορεπινεφρίνης από ντοπαμίνη, στην προσθήκη αμιδίων σε πεπτιδικές ορμόνες και τέλος στο μεταβολισμό της τυροσίνης. (Padayatty κ.ά. 2003)

Η κοινή πεποίθηση είναι πως χορηγείται προληπτικά για την αποφυγή του κοινού κρυολογήματος, αφού βοηθάει στην ανόρθωση του ανοσοποιητικού συστήματος. (Μανώλη κ.ά. 2019) Αυτό αληθεύει, αφού δρα ενάντια των βακτηριακών λοιμώξεων και συνεισφέρει στις αντιδράσεις αποτοξίνωσης. (National Center for Biotechnology Information 2011). Μια ακόμη ιδιότητά της είναι η τάση που έχει να προσλαμβάνει και να αποβάλλει εύκολα υδρογόνο. Αυτό την καθιστά σημαντική για τον ανθρώπινο μεταβολισμό. Επίσης, δρα ως συνένζυμο ή συμπάραγοντας στα κύτταρα, και εντοπίζεται σε πολλά οργανίδια αυτών (Καλιδώνη 2015). Έχει αποδειχθεί πως είναι βοηθός στην παραγωγή ορμονών και χημικών αγγελιοφόρων του εγκεφάλου και των νεύρων (The Nutrition Source 2020). Ευνοεί την απορρόφηση μετάλλων (σιδήρου, ασβεστίου), συμμετέχει ενεργά στη σύνθεση ανοσοσφαιρινών και αποτρέπει το στρες (Caritá κ.ά. 2020). Τέλος, η βιταμίνη C πιθανώς να σχετίζεται με την επιβράδυνση της γήρανσης, τη μείωση του οξειδωτικού στρες αλλά και την πρόληψη ενάντια στον σχηματισμό καταρράκτη, της στεφανιαία νόσου, των

καρδιαγγειακών παθήσεων και του καρκίνου. (Frei, Birlouez-Aragon, και Lykkesfeldt 2012; Sauberlich 1994).

1.4 Διατροφή και βιταμίνη C

Στην ανθρώπινη διατροφή, η βιταμίνη C εμφανίζεται ως 1) ασκορβικό οξύ και 2) ως δεϋδρο-L-ασκορβικό οξύ (DHA), με τις 2 μορφές εξίσου ικανές να απορροφηθούν από τα εντεροκύτταρα του λεπτού εντέρου. Συγκεκριμένα, η πρώτη μορφή παρατηρείται πως συσσωρεύεται από μεταφορείς στα κύτταρα (σύστημα που εξαρτάται από τα κατιόντα Na^+), ενώ η δεύτερη υφίσταται ενδοκυτταρική αναγωγή (πορεία ανεξάρτητη των κατιόντων Na^+). (Du κ.ά. 2012)

Πηγή ασκορβικού οξέος στη διατροφή του ανθρώπου αποτελούν τα φρούτα (φράουλες, βατόμουρα, πεπόνι, ακτινίδιο), τα εσπεριδοειδή (πορτοκάλια, λεμόνια, μανταρίνια, grapefruit, ακτινίδια), τα λαχανικά (λαχανάκια Βρυξελλών, μπρόκολο, κουνουπίδι, σπανάκι, λάχανο), οι πιπεριές, οι ντομάτες, οι (λευκές) πατάτες, τα βότανα (μαϊντανός), τα χόρτα και σε μικρότερο βαθμό τα κρέατα (συκώτι, νεφροί) (The Nutrition Source 2020; Vernin κ.ά. 1998; Καλιδώνη 2015). Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται τα επίπεδα βιταμίνης C σε διάφορα τρόφιμα. Γενικά, συνίσταται ως ημερήσια πρόληψη 140mg βιταμίνης C, ποσό απαραίτητο για τον κορεσμό του συνολικού ποσού βιταμίνης C στο σώμα του ανθρώπου. (Sauberlich 1994) Δυστυχώς, λιγότερο από το 50% της βιταμίνης C που προσλαμβάνεται από τη διατροφή απορροφάται από το έντερο (The Nutrition Source 2020). Είναι επίσης από τα πιο κοινά συμπληρώματα διατροφής για το λόγο αυτό. Υποστηρίζεται πως παρουσία σιδήρου, η απορρόφηση της βιταμίνης C από τον ανθρώπινο οργανισμό είναι χαμηλότερη. Παρόλα αυτά όμως δεν συστήνεται η μη πρόσληψη σιδήρου (ή και χαλκού), διότι μπορεί να οδηγήσει σε άλλα προβλήματα (ελεύθερες ρίζες). (Padayatty κ.ά. 2003)

Πίνακας 1. Περιεκτικότητα Βιταμίνης C στα διάφορα τρόφιμα	
Τρόφιμα	Βιταμίνη C (mg/μερίδα)
Κόκκινη πιπεριά (γλυκιά & ωμή, ½ της κούπας)	95
Χυμός πορτοκάλι (¾ της κούπας)	93
Πορτοκάλι (1 τεμάχιο)	70
Χυμός Grapefruit (¾ της κούπας)	70
Ακτινίδιο (1 τεμάχιο)	64
Πράσινη πιπεριά (γλυκιά & ωμή, ½ της κούπας)	60
Μπρόκολο (μαγειρεμένο, ½ της κούπας)	51
Φράουλες (φρέσκες και κομμένες, ½ της κούπας)	49
Λαχανάκια Βρυξελλών (μαγειρεμένα, ½ της κούπας)	48
Γκρέιπφρουτ (½ τεμάχιο)	39
Μπρόκολο (ωμό, ½ της κούπας)	39
Τοματοπολτός (¾ της κούπας)	33
Πεπόνι (½ της κούπας)	29
Λάχανο (μαγειρεμένο, ½ της κούπας)	28
Κουνουπίδι (ωμό, ½ της κούπας)	26
Πατάτες (ψητή, 1 τεμάχιο)	17
Ντομάτα (ωμή, 1 τεμάχιο)	17
Σπανάκι (μαγειρεμένο, ½ της κούπας)	9
Αρακάς (παγωμένος + μαγειρεμένος, ½ της κούπας)	8
Πηγή: (National Institutes of Health και Office of Dietary Supplements 2017)	

1.5 Σταθερότητα

Η βιταμίνη C αποτελεί μια ασταθής ένωση και σε μη βέλτιστες συνθήκες (πχ. πολύ υψηλή θερμοκρασία επεξεργασίας/περιβάλλοντος) , καταστρέφεται πολύ εύκολα. Για παράδειγμα, κατά την αποθήκευση προϊόντων όπως οι χυμοί), το ασκορβικό οξύ αποσυντίθεται. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως σημαντικός παράγοντας, ο οποίος μπορεί να επηρεάσει ακόμα και τη διάρκεια ζωής (shelf life) ενός προϊόντος. (Burdurlu κ.ά. 2006). Παρουσιάζει επίσης ευαισθησία κατά την επεξεργασία. Για παράδειγμα, σε θερμοκρασίες παστερίωσης (60 – 90°C) και αποστείρωσης (>100°C), η ποιοτική υποβάθμιση της βιταμίνης C μπορεί να

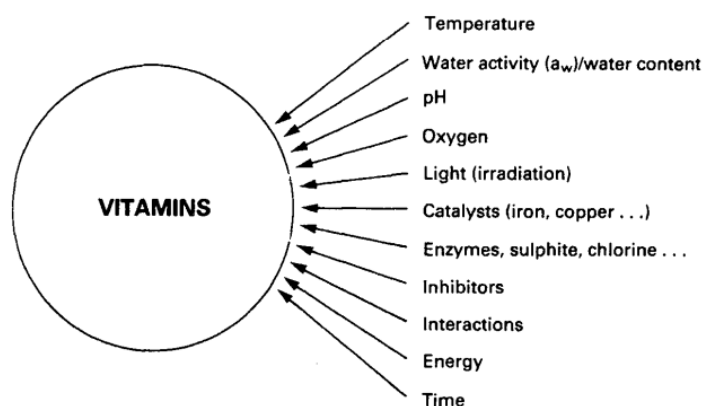
είναι πολύ σημαντική. Για το λόγο αυτό συχνά χρησιμοποιείται & ως δείκτης ποιότητας σε ορισμένα τρόφιμα. (Verbeyst κ.ά. 2013)

Η αποδόμησή της γίνεται εξίσου αερόβια και αναερόβια, με την πρώτη να εμφανίζεται συχνότερα στην επεξεργασία χυμών εσπεριδοειδών, και τη δεύτερη στην περίοδο αποθήκευσης σε προϊόντα που διατηρούνται κυρίως υπό θερμότητα (Burdurlu κ.ά. 2006). Η αερόβια αποδόμηση γίνεται εφόσον υπάρχει έστω και λίγο οξυγόνο, και περιλαμβάνει οξείδωση του ασκορβικού οξέος. Αντίθετα, αναερόβια αποδόμηση θα έχουμε όταν το οξυγόνο είναι εξαντλημένο και σε πολύ πιο αργούς ρυθμούς, αφού απαιτεί πιο υψηλές θερμοκρασίες. Σε πειράματα θερμικής υποβάθμισης, η αερόβια αποικοδόμηση είναι πιο συνήθης από την αναερόβια (Herbig και Renard 2017; Verbeyst κ.ά. 2013).

Υπάρχουν όμως και ουσίες οι οποίες ενισχύουν τη σταθερότητα της βιταμίνης C. Ορισμένες πολυφαινόλες όπως είναι οι φλαβονόλες φαίνεται πως έχουν βοηθήσει στη σταθερότητα της βιταμίνης. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από μια δοκιμή, στην οποία βρέθηκε πως η βιταμίνη C ήταν πιο σταθερή σε ορισμένους χυμούς (πορτοκάλι, μήλο & φραγκοστάφυλο) στους 37 °C απ' ότι στο νερό. Το συμπέρασμα που ελήφθη ήταν πως οι πολυφαινόλες των χυμών «προστάτευσαν» την βιταμίνη (Herbig και Renard 2017).

1.5.1 Παράγοντες Αποσταθεροποίησης

Η αποσύνθεση του ασκορβικού οξέος της φαίνεται και στην Εικόνα 1 εξαρτάται από τη θερμότητα, το οξυγόνο, το χρόνο & τη θερμοκρασία αποθήκευσης (Burdurlu κ.ά. 2006), καθώς και από το pH, τα μεταλλικά ιόντα (Marques, Ferreira, και Freire 2007), την ένταση φωτός (dos Santos Garcia κ.ά. 2020), την εκτεταμένη αποθήκευση του προϊόντος, την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες,



Εικόνα 2: Παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα των βιταμινών στα τρόφιμα

έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, την χαμηλή σχετική υγρασία και τους φυσικούς & ψυκτικούς τραυματισμούς (Mercali κ.ά. 2012). Από τα διάφορα προϊόντα αποικοδόμησης της βιταμίνης C είναι και η υδροξυμεθυλοφουρουράλη (HMF), η οποία αποτελεί «πρόδρομη» ουσία για τον σχηματισμό καφέ χρωματισμών. Η HMF όμως μπορεί να προέρχεται από την αποικοδόμηση αναγωγικών σακχάρων ή από την αντίδραση Maillard.

1. Θερμοκρασία (Επεξεργασίας/Αποθήκευσης)

Η θερμοκρασία κατέχει τον πρωταρχικό ρόλο στους παράγοντες της αποσύνθεσης της βιταμίνης C. Κατά τη θέρμανση των τροφίμων που έχουν ορισμένη συγκέντρωση βιταμίνης C, αυτή συμπεριφέρεται όπως τα αναγωγικά σάκχαρα στην αντίδραση Maillard. Δηλαδή, αφού αρχίσει να αποικοδομείται τα προϊόντα της αποικοδόμησής της αντιδρούν με αμινοξέα, πεπτίδια και λιπίδια (ή με τα ίδια προϊόντα της αποικοδόμησής τους) και προκαλούν μεγάλο αριθμό

αρωματικών και πολυμερών προϊόντων (μελανοειδίνες) (Vernin κ.ά. 1998). Είναι ευρέως διαδεδομένο πως όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερη είναι και η καταστροφή του ασκορβικού οξέος. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί στις θερμικές επεξεργασίες, αλλά ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης των προϊόντων. Όπως προαναφέρθηκε, σε υψηλές θερμοκρασίες επεξεργασίας (δηλαδή σε θερμοκρασίες παστερίωσης [60 – 90°C] και αποστείρωσης [$>100^{\circ}\text{C}$]), οι απώλειες της βιταμίνης C μπορεί να είναι αρκετά μεγάλες. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι υδατοδιαλυτή βιταμίνη, η οποία παρουσιάζει ευαισθησία στη θερμότητα. (The Nutrition Source 2020) Παράδειγμα για αυτό είναι το πείραμα των Burdurlu, Koca, and Karadeniz 2006. Σε αυτό παρατηρήθηκε ότι κατά την αποθήκευση διάφορων χυμών σε θερμοκρασίες 28°C, 37°C και 45°C για οκτώ εβδομάδες, η περιεκτικότητα του ασκορβικού οξέος παροδικά μειώθηκε. Όσο μεγαλύτερη ήταν η θερμοκρασία αποθήκευσης, τόσο μεγαλύτερη ήταν και η μείωση του ασκορβικού οξέος. Επίσης η καταστροφή του ασκορβικού οξέος ήταν μεγαλύτερη σε πολύ όξινα διαλύματα, και αυτό είναι λογικό αφού σε πολύ χαμηλό pH (ισχυρά όξινο περιβάλλον) το ασκορβικό οξύ αποσυντίθεται πολύ εύκολα. Τέλος αποδείχθηκε πως όσο μεγαλύτερη ήταν η θερμοκρασία αποθήκευσης, τόσο μεγαλύτερη και η συσσώρευση HMF (Burdurlu, Koca, και Karadeniz 2006).

2. Οξυγόνο

Το οξυγόνο αποτελεί ένα βασικό παράγοντα για την αποικοδόμηση του ασκορβικού οξέος. Όσο περισσότερο οξυγόνο υπάρχει, τόσο μεγαλύτερη είναι και η καταστροφή του. Αντιθέτως, όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο οξυγόνο, το ασκορβικό οξύ αποσυντίθεται πιο αργά (μετά από μια γρήγορη αρχική μείωσή του). Αυτό όμως ισχύει μόνο για σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις ασκορβικού οξέος. (Herbig και Renard 2017)

3. Ενεργότητα ύδατος a_w

Η ενεργότητα νερού a_w , ή ακόμη και η περιεκτικότητα σε υγρασία ενός τρόφιμου, επηρεάζει την αποδόμηση του ασκορβικού οξέος. Όσο υψηλότερη είναι η ενεργότητα ύδατος, τόσο μεγαλύτερη και η αποικοδόμηση της βιταμίνης (Herbig και Renard 2017). Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι οι αντιδράσεις πραγματοποιούνται πιο εύκολα στις συνθήκες αυτές. (Marques, Ferreira, και Freire 2007)

4. Οξύτητα

Η βιταμίνη C έχει την μεγαλύτερη σταθερότητα σε ελαφρώς όξινο περιβάλλον (pH 3 – 5). Σε ουδέτερο περιβάλλον, καθώς και σε αλκαλικό παρουσιάζει ευαισθησία και αστάθεια, και πολλές φορές μπορεί να οδηγηθεί και στην καταστροφή. Συνεπώς, πρέπει να αποφεύγονται τα βασικά διαλύματα & να προτιμώνται αυτά των ασθενών οξέων. Σε συνδυασμό και με ψυχρό περιβάλλον, μπορεί να επιτευχθεί μέγιστη σταθερότητα για αυτή. (Καλιδώνη 2015; Μανώλη της. 2019)

5. Μεταλλικά ιόντα

Η οξείδωση της βιταμίνης C μπορεί να επιταχυνθεί με την χρήση κατάλληλου pH, παρουσία επίσης ορισμένων καταλυτικών μετάλλων. Η επιτάχυνση αυτή οφείλεται κυρίως στους καταλύτες και όχι τόσο στο pH, αφού απουσία καταλυτικών μετάλλων έχει παρατηρηθεί πως σε ουδέτερο περιβάλλον (pH = 7,0) η οξείδωση του ασκορβικού οξέος αποδείχθηκε πως ήταν αργή (Du, Cullen, και Buettner 2012). Υπάρχουν δηλαδή μέταλλα ή μεταλλικά ιόντα τα οποία καταλύουν σημαντικά την οξείδωση του ασκορβικού οξέος. Τα κύρια μέταλλα – καταλύτες είναι ο σίδηρος (Fe) και ο χαλκός (Cu). Σε τρόφιμα λοιπόν που έχουν μεγάλες περιεκτικότητες βιταμίνης C, έχει παρατηρηθεί πως η χρήση χάλκινων σκευών προκάλεσε περαιτέρω καταστροφή της Βιταμίνης C. Το αλουμίνιο (Al) ωστόσο δεν προκαλεί καταστροφή της (Μανώλη κ.ά. 2019).

1.6 Χρήσεις Βιταμίνης C

Όπως προαναφέρθηκε στην ενότητα της Διατροφής, η χρήση της βιταμίνης C γίνεται και σε άλλες βιομηχανίες πέρα από αυτές που αφορούν τα τρόφιμα. Από όλες τις βιταμίνες, είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη σε βιομηχανικό επίπεδο και μάλιστα, παράγονται περίπου 110 τόνοι βιταμίνης C ετησίως (Pappenberger και Hohmann 2013). Βρίσκει πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων (π.χ. Πρόσθετο E₃₀₀, βελτιωτικό αλεύρου, παράταση διάρκειας ζωής προϊόντων), στις φαρμακοβιομηχανίες (π.χ. καλλυντικά, συμπληρώματα διατροφής, φάρμακα) αλλά και στη παραγωγή ζωοτροφών (Juhász κ.ά. 2012; Vernin κ.ά. 1998). Την πρώτη θέση στις χρήσεις κατέχει η φαρμακοβιομηχανία (50%), ακολουθούμενη από τη χρήση της ως πρόσθετο τροφίμων – αντιοξειδωτικό (25%), έπειτα χρησιμοποιείται από την βιομηχανία ποτών (15%) και τέλος χρησιμοποιείται ακόμη και στις ζωοτροφές (10%). Αυτό αντικρούει τις άλλες βιταμίνες, οι οποίες έχουν ως κύρια χρήση τις ζωοτροφές. (Pappenberger και Hohmann 2013).

Συγκεκριμένα, στη βιομηχανία τροφίμων (κρέατα και ποτά) χρησιμοποιείται το επιμερές του L-ασκορβικού οξέος, το ερυθροβικό οξύ, ως πρόσθετο τροφίμων. Το επιμερές αυτό είναι κοινά χρησιμοποιούμενο στην βιομηχανία τροφίμων, χωρίς όμως να έχει ισχυρή αντισκορβουτική δράση στον οργανισμό του ανθρώπου (Sauberlich 1994).

Χρησιμοποιείται επίσης και στον τομέα των καλλυντικών, λόγω της ιδιότητας λεύκανσης του δέρματος στα προϊόντα περιποίησης (Caritá κ.ά. 2020). Όσον αφορά τη δράση της, προστατεύει το δέρμα από την υπεριώδη ακτινοβολία (προκαλούμενη τις ελεύθερες ρίζες) και αποτρέπει τις ρυτίδες και τον καρκίνο του δέρματος (Devaki και Raveendran 2017).

1.7 Νομοθεσία Βιταμίνης C

Συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη (ΣΗΠ): Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης C για ενήλικες >18 ετών είναι 90mg για τους άντρες και 75mg για τις γυναίκες. Η ποσότητα αυτή αλλάζει για τις γυναίκες στα 85mg εάν είναι έγκυες, ενώ φτάνει τα 120mg στη διάρκεια του θηλασμού. Και για τα 2 φύλα ισχύει πως εάν καπνίζουν, τότε αυξάνεται η ΣΗΠ κατά 35mg αντίστοιχα για την κάθε ομάδα.

Tolerable Upper Intake Level (UL): Το μέγιστο όριο πρόσληψης βιταμίνης C είναι 2000mg/ημέρα. Σε περίπτωση πρόσληψης μεγαλύτερης αυτής της ποσότητας, τα συμπτώματα είναι κυρίως γαστρεντερικής φύσεως (στομαχόπονος και διάρροια). Εξαιρέση αποτελεί η περίπτωση κατά την οποία χορηγείται υπό την επίβλεψη γιατρού ή σε πολύ συγκεκριμένες κλινικές περιπτώσεις. Γενικώς όμως, η μέγιστη δόση της σπανίως προκαλεί σοβαρά προβλήματα υγείας. (The Nutrition Source 2020)

Θεωρείται πως η πρόσληψη της ΣΗΠ βοηθά στην προστασία της υγείας ενάντια σε πολλές ασθένειες. Σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις όμως, η βιταμίνη C μπορεί να αποβεί επιβλαβής και να δράσει ως προ-οξειδωτικό και κατά συνέπεια να συμβάλλει στην καταστροφή των ιστών (αντίθετη της κανονικής αντιοξειδωτικής του δράσης). Στη χειρότερη των περιπτώσεων, μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο για πεπτικές διαταραχές και πέτρες στα νεφρά. (The Nutrition Source 2020)

Ορισμοί

Πρόσθετα τροφίμων: είναι ουσίες που συνήθως δεν καταναλώνονται αυτές καθαυτές ως τρόφιμα, αλλά προστίθενται σκοπίμως σε τρόφιμα για συγκεκριμένο τεχνολογικό σκοπό (όπως π.χ. η συντήρηση των τροφίμων, η αποκατάσταση της αρχικής εμφάνισης του τροφίμου- του οποίου το χρώμα επηρεάστηκε από τη μεταποίηση, την αποθήκευση, τη συσκευασία και τη διανομή-, η αντικατάσταση σακχάρων για την παραγωγή τροφίμων με μειωμένη ενεργειακή αξία). Η προσθήκη μπορεί να γίνει κατά την μεταποίηση όπως την παρασκευή, προετοιμασία, επεξεργασία, συσκευασία, μεταφορά ή την αποθήκευση των τροφίμων που έχει ή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ότι οι ουσίες ή τα παράγωγά τους καθίστανται άμεσα ή έμμεσα συστατικά των τροφίμων αυτών.

Στην περίπτωση που το ασκορβικό οξύ (γνωστό και ως βιταμίνη C) προστίθεται σε τρόφιμα ως θρεπτικό συστατικό δεν εμπίπτει στον Κανονισμό για τα πρόσθετα. Στην περίπτωση όμως κατά την οποία το ασκορβικό οξύ χρησιμοποιείται ως αντιοξειδωτικό στο τρόφιμο, τότε θεωρείται πρόσθετο και επομένως πρέπει να αναφέρεται ως πρόσθετο και επιπλέον η συγκεκριμένη χρήση οφείλει να συμμορφώνεται με τις συνθήκες χρήσης του Κανονισμού για τη συγκεκριμένη κατηγορία τροφίμων. Το ασκορβικό οξύ είναι ένα από τα πρόσθετα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την αρχή «όσον αρκεί». Αυτό σημαίνει πρακτικά πως δεν αναμένεται να έχει κίνδυνο στην υγεία του πληθυσμού διότι είναι ουσία χαμηλής τοξικότητας.

(ΕΦΕΤ https://efet.gr/files/F2381_odigos_elegxou_prostheton.pdf)

1.8 Ισχυρισμοί Διατροφής & Υγείας

Ο «ισχυρισμός διατροφής» σύμφωνα με τον ΕΦΕΤ, είναι κάθε ισχυρισμός που δηλώνει, υπονοεί ή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ένα τρόφιμο διαθέτει ιδιαίτερες ευεργετικές θρεπτικές ιδιότητες λόγω:

- 1) της ενέργειας (θερμίδες) που
 - περιέχει
 - παρέχει σε μειωμένο/αυξημένο ποσοστό, ή
 - δεν παρέχει
- 2) των θρεπτικών και άλλων ουσιών που
 - περιέχει
 - παρέχει σε μειωμένο/αυξημένο ποσοστό, ή
 - δεν παρέχει

Ο «ισχυρισμός υγείας», επίσης σύμφωνα με τον ΕΦΕΤ, είναι κάθε ισχυρισμός που δηλώνει, υπονοεί ή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει σχέση μεταξύ μιας κατηγορίας τροφίμων, ενός τρόφιμου ή ενός συστατικού του και της υγείας. Συνοπτικά, ένα τρόφιμο εάν πληροί τους όρους των ισχυρισμών διατροφής μπορεί να λάβει και ισχυρισμούς υγείας. Σχετικά με τη βιταμίνη C, αυτοί κυρίως αφορούν την καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος, τον σχηματισμό κολλαγόνου, την καλή λειτουργία πχ. του δέρματος, των οστών, των ούλων, τη μείωση της κούρασης και της κόπωσης, την αύξηση απορρόφησης σιδήρου κ.α.

(Πηγή: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 432/2012 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 16^{ης} Μαΐου 2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Εναλλακτικοί τρόποι εμπλουτισμού βιταμίνης C σε τρόφιμα: Το παράδειγμα της acerola

2.1 Ασερόλα – Τι είναι;

Η ασερόλα (*Malpighia emarginata* DC.) είναι ένα τροπικό φρούτο που προέρχεται από μικρά δέντρα του γένους *Malpighia*, της οικογένειας *Malpighiaceae* (Prakash και Baskaran 2018). Πιο συγκεκριμένα, ανήκει στην τάξη *Magnoliopsida*, σειρά *Malpighiales*, οικογένεια *Malpighiaceae*, γένος *Malpighia* και είδος *M. Emarginata* D.C. Το φυτό acerola είναι ένας μεσαίου μεγέθους αειθαλής θάμνος, ο οποίος παράγει καρπούς όλο το χρόνο (Moura κ.ά. 2018).



Εικόνα 3: Δέντρο Ασερόλας

Το κεράσι (καρπός) της *Malpighia* είναι κοινώς γνωστό ως «κεράσι Acerola» ή «κεράσι Μπαρμπάντος» (Prakash και Baskaran 2018). Αυτά τα δέντρα θεωρείται πως προήλθαν από νησιά της Καραϊβικής και των Αντιλλών (Moura κ.ά. 2018). Πλέον είναι εγγενή στην Κεντρική, Βόρεια & Νότια Αμερική, με καλλιέργεια κυρίως στη Βραζιλία, το Μεξικό, ορισμένα μέρη της Νοτιοανατολικής Ασίας και στην Ινδία. (Prakash και Baskaran 2018)

Οι ιδανικές συνθήκες κλίματος για την ανάπτυξη ασερόλας είναι:

- Μέση θερμοκρασία: $\theta=26^{\circ}\text{C}$ και 1200 – 1600 mm Βροχοπτώσεις



Εικόνα 4,5: Ασερόλα – Καρποί & Χρώματα Ωρίμανσης

Τα φρούτα ασερόλας που προορίζονται για κατανάλωση σε φυσικό ή φρέσκο ή επεξεργασμένο πολτό/χυμό, θα πρέπει να συλλέγονται με πλήρως ώριμη φλούδα κόκκινου χρώματος. Ωστόσο, εάν προορίζεται για βιομηχανικές χρήσεις (πχ. ως φαρμακευτικό προϊόν ή συμπλήρωμα διατροφής), η συγκομιδή της πρέπει να γίνει όταν τα φρούτα είναι ανώριμα (πράσινα) διότι είναι πιο πλούσια σε βιταμίνη C.

Τέλος, τα φρούτα που προορίζονται για πιο απομακρυσμένες αγορές πρέπει να συλλέγονται σε φυσιολογική ωριμότητα (μεγαλύτερο μέγεθος & φλούδα η οποία να τείνει προς το κόκκινο χρώμα). (Moura κ.ά. 2018)

Οι καρποί του δέντρου αυτού φαίνεται να έχουν τραβήξει το ενδιαφέρον τόσο του ερευνητικού όσο και του φαρμακευτικού τομέα. Αυτό γιατί αποτελούν μια από τις πλουσιότερες φυσικές πηγές **ασκορβικού οξέος**, καθώς και μια πληθώρα άλλων συστατικών (όπως καροτενοειδών, φαινολικών, φλαβονοειδών και ανθοκυανίνων). Το φρούτο της ασερόλας περιέχει ασκορβικό οξύ σε ποσότητα **1500 – 4500 mg/100g**, ποσότητα που θεωρείται “υπερβολική” εάν λάβουμε υπόψη ότι ένα λεμόνι/πορτοκάλι έχει 50 – 100 φορές μικρότερη ποσότητα σε ασκορβικό οξύ (Prakash και Baskaran 2018). Η συγκέντρωση της βιταμίνης C στο φρούτο της ασερόλας μειώνεται όσο το φρούτο ωριμάζει. Αυτό συμβαίνει λόγω κυρίως της βιοχημικής οξειδωσης (Moura κ.ά. 2018).

Από τα άλλα βιοδραστικά συστατικά του φρούτου είναι το μηλικό οξύ, το οποίο εντοπίζεται σε μεγάλη περιεκτικότητα, καθώς και το τρυγικό & κιτρικό οξύ. Βασικοί μονοσακχαρίτες όπως είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη. Εκτός από αυτά, περιέχει επίσης και αμινοξέα όπως ασπαραγίνη, αλανίνη, προλίνη, ασπαρτικό οξύ, σερίνη και γ-αμινοβουτυρικό οξύ (Belwal κ.ά. 2018). Βιταμίνες εκτός της βιταμίνης C που βρίσκονται στην ασερόλα είναι η θειαμίνη (B1), η ριβοφλαβίνη (B2) & η νιασίνη (B3). (Moura κ.ά. 2018). Τέλος περιέχει μέταλλα της είναι ο σίδηρος, το κάλιο, το μαγνήσιο, ο φώσφορος & το ασβέστιο (Mercali κ.ά. 2012). Το άρωμα της ασερόλας παρομοιάζεται με αυτό του μήλου, και η

γεύση της είναι ξινή λόγω (1) της συσσώρευσης σακχάρων από την υδρόλυση του αμύλου (γλυκονεογένεση), και (2) της μείωσης της οξύτητας (λόγω κατανάλωσης των οργανικών οξέων ως υποστρώματα κατά την αναπνοή). Όσον αφορά το χρώμα, οι ανθοκυανίνες και τα κίτρινα φλαβονοειδή ευθύνονται κυρίως για τη μελάγχρωση των φρούτων, καθώς το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα της φλούδας των φρούτων είναι ένας από τους σημαντικότερους δείκτες της ωρίμανσης και της βρώσιμης ποιότητάς τους. (Moura κ.ά. 2018).

Υπάρχουν διάφορα εμπορικά προϊόντα που περιέχουν ασερόλα, και αυτά είναι συνήθως συμπληρώματα διατροφής για την ενίσχυση της ανοσολογικής απόκρισης, αλλά και την κάλυψη διατροφικών απαιτήσεων. (Belwal κ.ά. 2018; dos Santos Garcia κ.ά. 2020). Στη βιομηχανία τροφίμων, χρησιμοποιείται ειδικότερα στην παραγωγή χυμών λόγω της χαμηλής περιεκτικότητάς του σε ζάχαρη και της ελαφρώς πικρής γεύσης του (Santos, Rodrigues, και Fernandes 2018). Άλλα προϊόντα στα οποία προστίθεται είναι οι πολτοί, ο ζελές (dos Santos Garcia κ.ά. 2020), οι μαρμελάδες, τα παγωτά, το λικέρ, τα σιρόπια & τα σιρόπια φρούτων (Mercali κ.ά. 2012). Παράλληλα, έχει αποδειχθεί πως τα εκχυλίσματα της ασερόλας έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντιυπεργλυκαιμική, αντικαρκινική, αντιγονοτοξική και προστατευτική για το ήπαρ δράση. (Belwal κ.ά. 2018) Παρόλα αυτά, δεν έχει μελετηθεί πολύ για τις φαρμακολογικές/θεραπευτικές του δραστηριότητες. Συνεπώς οι πληροφορίες που υπάρχουν σχετικά με τη δοσολογία της, τις αλληλεπιδράσεις και την τοξικότητά της δεν είναι επαρκείς. (Belwal κ.ά. 2018)

Μπορεί να ειπωθεί πως η ασερόλα αποτελεί **λειτουργικό τρόφιμο** λόγω της σύνθεσής της, παρόλο που τα βιοδραστικά συστατικά της μειώνονται κατά την ωρίμανσή της.

2.2 Εμπλουτισμός τροφίμων με βιταμίνη C

Εμπλουτισμός τροφίμων (Food Fortification): ορίζεται ως η προσθήκη ενός ή περισσότερων θρεπτικών συστατικών σε ένα τρόφιμο, είτε περιέχονται φυσικά, είτε όχι στο τρόφιμο, με σκοπό την πρόληψη ή τη διόρθωση μιας αποδεδειγμένης ανεπάρκειας ενός ή περισσότερων μικροθρεπτικών συστατικών στον πληθυσμό ή σε ειδικές ομάδες πληθυσμού (FAO/WHO 1994).

Λόγω του ότι η βιταμίνη C αποτελεί σημαντικό μικροθρεπτικό συστατικό αλλά επίσης και καλή αντιοξειδωτική ουσία, χρησιμοποιείται ως λειτουργικό στοιχείο σε πολλά βασικά προϊόντα διατροφής (πχ. δημητριακά), σε ποτά ή και σκόνης τόνωσης του ανοσοποιητικού. Είναι επίσης ιδανική για τρόφιμα με βάση το νερό, οπότε προτιμώνται τρόφιμα για εμπλουτισμό όπως είναι πχ. το γάλα & οι χυμοί. Παρόλα αυτά, χρησιμοποιείται και σε ξηρά προϊόντα όπως είναι το αλεύρι σίτου, τα δημητριακά κ.α. (Bandyopadhyay κ.ά. 2020)

2.3 Μέθοδοι Εμπλουτισμού Τροφίμων

Συνήθως η πηγή του συστατικού που επιλέγεται για εμπλουτισμό γίνεται από μια φυσική ή μια τεχνητή πηγή.

2.3.1 Φυσική Πηγή Εμπλουτισμού

Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να γίνει εξαγωγή των μικροθρεπτικών στοιχείων από μια φυσική πηγή για προσθήκη στο τρόφιμο. Τέτοια παραδείγματα φυσικών πηγών είναι φρούτα υψηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνη C (πχ. εσπεριδοειδή, μάνγκο, ανανάς, ασερόλα), και τα τρόφιμα που μπορούν να εμπλουτιστούν είναι πχ. χυμοί φρούτων, λεμονάδες κ.α. (Bandyopadhyay κ.ά. 2020). Οι φυσικές πηγές μπορεί να περιλαμβάνουν φυτικά εκχυλίσματα (πχ. κανέλλας, φλουδών από φρούτα), τεμάχια από φρούτα, ζυμώσεις από μικροοργανισμούς, έλαια (πχ.

από ψάρια) και άλλα. Το μόνο πρόβλημα σε αυτή την τεχνική είναι πως η σταθερότητα του/των συστατικού/κών μπορεί να μεταβληθεί (πχ. λόγω οξείδωσης) λόγω της σύνθεσής και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων (πχ. οξυγόνο, pH) του ροφήματος. (Artés-Hernández κ.ά. 2021).

2.3.2 Τεχνητή Πηγή Εμπλουτισμού

Στην περίπτωση της τεχνητής πηγής, η οποία χρησιμοποιείται ευρύτερα, προτιμάται η μορφή της βιταμίνης C σε ξηρή σκόνη (πωλείται στο εμπόριο) όταν πρόκειται να προστεθεί σε ένα τρόφιμο προς εμπλουτισμό. Συνεπώς ένας τρόπος εμπλουτισμού με βιταμίνη C είναι απλώς η προσθήκη ξηρής σκόνης ασκορβικού οξέος, το οποίο αναμιγνύεται άμεσα με το τρόφιμο.

Ένας άλλος πιο εξειδικευμένος τρόπος εμπλουτισμού της είναι ο εξής: η βιταμίνη C ενθυλακώνεται πριν την προσθήκη της στο τρόφιμο. Αυτό γίνεται πριν το τρόφιμο υποστεί κάποια θερμική επεξεργασία για την εξασφάλιση της σταθερότητάς της. Ουσιαστικά η ενθυλακωμένη βιταμίνη C ενσωματώνεται σε λιποσώματα (παραγόμενα από την φωσφατιδυλοχολίνη του αυγού) μέσω της μεθόδου Kirby. Έπειτα από έλεγχο των λιποσωμάτων σε περιεκτικότητα βιταμίνης C, αυτά αραιώνονται σε ρυθμιστικό διάλυμα και τέλος προστίθενται στο τρόφιμο (πχ. νωπό γάλα) το οποίο τελικά επεξεργάζεται θερμικά. Η προσθήκη της κατά αυτό τον τρόπο παρατηρείται συχνότερα στο γάλα και σε γαλακτοκομικά προϊόντα, όπου η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C είναι χαμηλή. (Bandyopadhyay κ.ά. 2020).

2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τον εμπλουτισμό

2.4.1 Δοσολογία

Στον εμπλουτισμό τροφίμων, με οποιοδήποτε μικροθρεπτικό συστατικό, υπάρχουν πάντα κάποιες δυσκολίες. Μία παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ο καθορισμός της σωστής δοσολογίας βιταμινών/μετάλλων. Για παράδειγμα, εάν ένα τρόφιμο εμπλουτιστεί με υπερβολική δοσολογία βιταμίνης, υπάρχει κίνδυνος η κατανάλωση του εμπλουτισμένου τροφίμου να οδηγήσει σε υπερβιταμίνωση. (Bandyopadhyay κ.ά. 2020).

2.4.2 Επεξεργασία/Αποθήκευση

Τα μικροθρεπτικά συστατικά τα οποία χρησιμοποιούνται με κύριο σκοπό την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος απαιτούν πιο ειδικές τεχνικές εμπλουτισμού (παράδειγμα είναι η βιταμίνη C, η οποία ενθυλακώνεται πριν τη θερμική επεξεργασία). Είναι σημαντικό δηλαδή να χρησιμοποιούνται κατάλληλες τεχνολογίες για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες των συστατικών αυτών. Μερικοί τρόποι είναι η εφαρμογή προστατευτικής επικάλυψης του συστατικού (ενθυλάκωση), ο έλεγχος της θερμοκρασίας, του pH και της θερμοκρασίας, η χρήση αντιοξειδωτικών, και η προστασία από το φως & τον αέρα κατά την επεξεργασία/αποθήκευση. (Wirakartakusumah και Hariyadi 1998).

2.4.3 Βάση τροφίμου

Είναι επίσης σημαντικό να ληφθεί υπόψη εάν η ουσία που χρησιμοποιείται είναι λιποδιαλυτή ή υδατοδιαλυτή. Γνωρίζοντας αυτή την πληροφορία, μπορεί να επιλεγθεί ένα τρόφιμο στο οποίο ο εμπλουτισμός θα γίνει πιο εύκολα. Δηλαδή με βάση το λίπος ή το νερό, επιλέγεται στην κάθε περίπτωση τρόφιμο ίδιας βάσης με αυτή της βιταμίνης/ του μετάλλου. Έτσι, το εμπλουτισμένο τρόφιμο είναι καλύτερος φορέας του μικροθρεπτικού συστατικού. (Bandyopadhyay κ.ά. 2020).

Για τις βιταμίνες συγκεκριμένα, υπάρχει ένα ευρύ φάσμα παραγόντων, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον εμπλουτισμό.

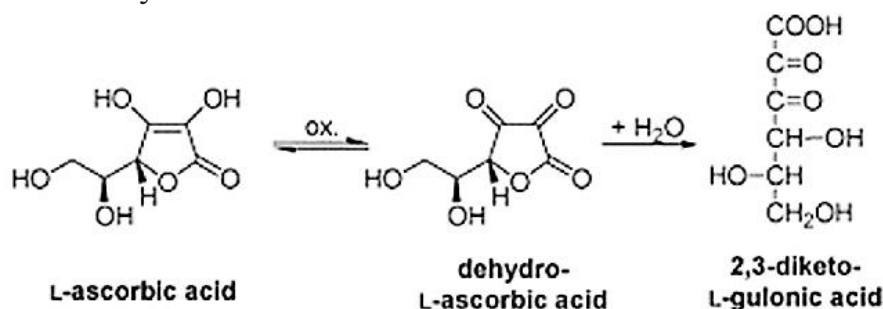
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Σκοπός πειράματος

Σκοπός της παρούσας πειραματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση του εμπλουτισμού με βιταμίνη C σε δείγματα κομπόστας ροδάκινου. Η καινοτομία της παρούσας εργασίας αφορά το μέσο εμπλουτισμού καθώς για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε σιρόπι ασερόλας το οποίο όπως αναφέρθηκε είναι πλούσιο σε βιταμίνη C. Εκτός των άλλων πραγματοποιήθηκε εμπλουτισμός με σκόνη ασκορβικού οξέος έτσι ώστε να συγκριθούν οι δυο διαφορετικές προσεγγίσεις εμπλουτισμού. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως τα δείγματα κομπόστας ροδάκινου ήταν μια ευγενική χορηγία της εταιρείας κονσερβοποιίας ΚΡΟΝΟΣ ΑΕ., ενώ μέρος των αποτελεσμάτων αποτέλεσε σημείο αναφοράς για την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος που θα χαρακτηριζόταν από «υψηλή περιεκτικότητα» σε βιταμίνη C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Υλικά και Μεθόδους

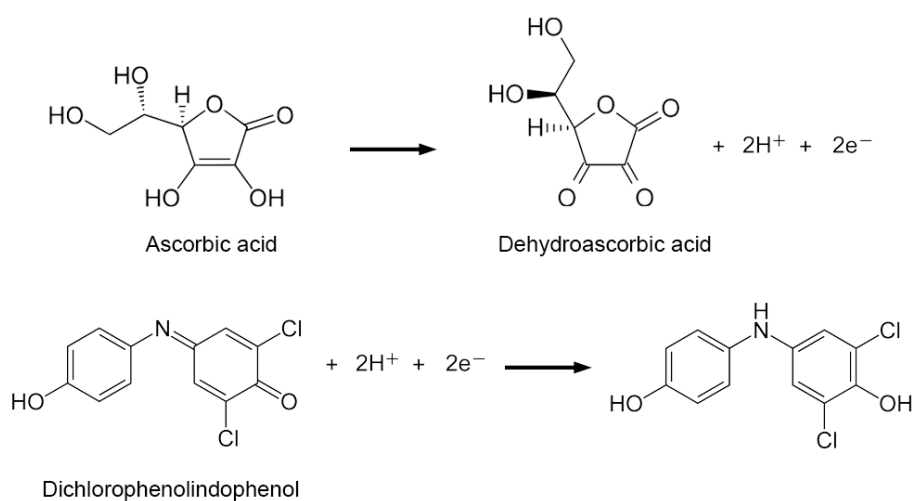
4.1 Ογκομετρικός Προσδιορισμός βιταμίνης C

Το ασκορβικό οξύ έχει ισχυρές αναγωγικές ιδιότητες. Οξειδώνεται σε δεϋδροασκορβικό οξύ και έπειτα από υδρόλυση μετατρέπεται σε δικετογουλονικό οξύ.



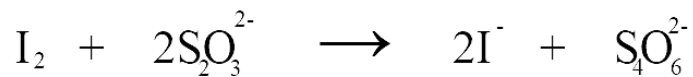
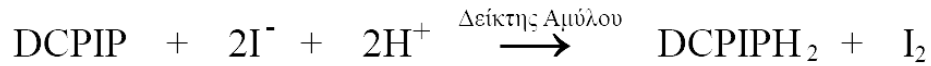
Εικόνα 6: Οξείδωση Ασκορβικού Οξέος

Στον ογκομετρικό προσδιορισμό του ασκορβικού οξέος χρησιμοποιείται ως πρότυπο διάλυμα 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλη (DCPIP). Όταν βρίσκεται σε ουδέτερο/αλκαλικό περιβάλλον, το χρώμα του είναι κυανό ενώ σε όξινο περιβάλλον είναι ρόδινο. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι πως δεν συνυπολογίζεται το δεϋδροασκορβικό οξύ που ήδη συνυπάρχει με το ασκορβικό οξύ στο διάλυμα. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 7:
Συνολική
Αντίδραση
Οξειδοαναγωγής

Λόγω του ότι το διάλυμα της 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης δεν είναι πρότυπο, απαιτείται η τιτλοδότησή του (για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσής του) πριν γίνει η αντίδρασή του με το ασκορβικό οξύ.



Εικόνα 8: Έμμεσος προσδιορισμός Συγκέντρωσης DCPIP

Λόγω του ότι χρησιμοποιείται «πρότυπο» διάλυμα, που ουσιαστικά δεν είναι πραγματικά πρότυπο (αφού απαιτεί το ίδιο δική του τιτλοδότηση), η μέθοδος είναι κυρίως ποιοτική παρά ποσοτική. Συνεπώς, δεν υπάρχει μεγάλη ποσοτική ακρίβεια και τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι περισσότερο ενδεικτικά για την αποτελεσματικότητα του εμπλουτισμού.

4.2 Συσκευές – Σκεύη – Αντιδραστήρια

Ογκομετρικές φιάλες των 100,00mL

Ογκομετρικά σιφόνια των 5,00 και 10,00mL

Διηθητικό Χαρτί

Κωνικές φιάλες των 250mL

Κωνικές φιάλες με εσφυρισμένο πώμα των 250mL

Χωνί Διήθησης

Προχοΐδες των 50,0mL

Διάλυμα οξαλικού οξέος 0,4%w/w

Διάλυμα του μετά νατρίου άλατος της 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης 0,040% w/v

Κορεσμένο διάλυμα ιωδιούχου καλίου (KI) 50% w/v

Διάλυμα HCl 1M

Πρότυπο διάλυμα θειοθειϊκού νατρίου ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,10M

Δείκτης αμύλου (διάλυση 1g σε 100mL βραστού νερού)

4.3 Διαδικασία εμπλουτισμού και πειραματικός σχεδιασμός

Για την έως τώρα παρασκευή της κομπόστας φρούτου χρησιμοποιούνται νερό, σιρόπι σταφυλοχυμού/ασερόλας και κομμάτια επεξεργασμένου ροδάκινου υπό τη μορφή ομοιόμορφων κύβων. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στο σταφυλοχυμό, στην ασερόλα και τα κομμάτια επεξεργασμένου φρούτου έτσι ώστε να υπάρχει μια πρώτη εκτίμηση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C των επιμέρους συστατικών πριν την ανάμιξη τους.

Στην συνέχεια όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχεδιάγραμμα, ακολούθησαν οι εμπλουτισμοί με ασερόλα (1^{ος} εμπλουτισμός), με σκόνη ασκορβικού οξέος (2^{ος} εμπλουτισμός) και μίγματος ασερόλας/ασκορβικού οξέος (3^{ος} εμπλουτισμός). Κατά τον εμπλουτισμό, για κάθε τελικό δείγμα παρασκευάζονταν και ένα αντίστοιχο δείγμα ελέγχου (Control) το οποίο περιείχε μόνο σταφυλοχυμό.

Για την καλύτερη αξιολόγηση του εμπλουτισμού με ασερόλα, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε διάφορες θερμοκρασίες και για διαφορετικά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να προσομοιαστούν οι πραγματικές συνθήκες που ενδεχομένως επικρατούν κατά τα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (πειράματα επιταχυνόμενης φθοράς). Τέλος, για τον υπολογισμό των απωλειών κατά τη θερμική επεξεργασία του προϊόντος λαμβάνονταν μετρήσεις και πριν τη παστερίωση του προϊόντος (raw υλικό πλήρωσης).

Σχεδιάγραμμα Διεργασιών Εμπλουτισμού και δείγματα που αναλύθηκαν

► Προσδιορισμός βιταμίνης C σε επιμέρους συστατικά του τελικού προϊόντος

Δείγμα 1 → Σιρόπι φρούτου

Δείγμα 2 → Σιρόπι ασερόλας

Δείγμα 3 → Σταφυλοχυμός

Δείγμα 4 → Επεξεργασμένο φρούτο

1^{ος} Εμπλουτισμός ► Εμπλουτισμός με Ασερόλα

Σετ δειγμάτων 1 → Θερμικώς επεξεργασμένα Control και Τελικά δείγματα στους 20°C

Σετ δειγμάτων 2 → Θερμικώς επεξεργασμένα Control και Τελικά δείγματα στους 40°C

Δείγμα 3 → Μη θερμικά επεξεργασμένο αρχικό υλικό πλήρωσης

2^{ος} Εμπλουτισμός ► Εμπλουτισμός με Σκόνη Ασκορβικού οξέος ή μίγματος με σιρόπι ασερόλας

Δείγματα θερμικώς επεξεργασμένα στους 20°C & 40°C και με τα 2 είδη εμπλουτισμού

Μη θερμικά επεξεργασμένα αρχικά υλικά πλήρωσης και για τις 2 περιπτώσεις

4.4 Πειραματική Πορεία

4.4.1 Παρασκευή δ/τος του μετά νατρίου άλατος της 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης

Προστίθενται **0,100g** του μετά νατρίου άλατος 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης 0,040% w/v σε 100,0mL νερού. Έπειτα, το διάλυμα διηθείται σε ογκομετρική φιάλη των **250,00mL**. Διατηρείται αναλλοίωτο και διαθέσιμο προς χρήση για μια εβδομάδα υπό ψύξη.

4.4.2 Τιτλοδότηση διαλύματος 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης

Σε κωνική φιάλη των 250mL εσφυρισμένου πώματος μεταφέρονται 10,00mL διαλύματος 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης (DCPIP) μαζί με 5,0mL διαλύματος ιωδιούχου καλίου (KI) 50% w/v και 10,0mL διαλύματος HCl 1M. Η κωνική φιάλη αφού αφηθεί σε ηρεμία για 2 min, και παραχθεί I₂ από την αντίδραση, ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα Na₂S₂O₃ 0,1M παρουσία δείκτη αμύλου.

4.4.3 Ογκομέτρηση δειγμάτων

5,00mL του δείγματος φρουτοχυμού μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 100,00mL και αφού το διάλυμα συμπληρωθεί ως τη χαραγή με δ/μα οξαλικού οξέος 0,4% w/v, διηθείται με τη χρήση διηθητικού χαρτιού. Στη συνέχεια λαμβάνονται 10,00mL διηθήματος σε κωνική φιάλη των 250mL, προσθέτοντας 15,0mL δ/ματος οξαλικού οξέος 0,4% w/v. Το διάλυμα ογκομετρείται αμέσως με διάλυμα 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης (DCPIP) έως ότου το χρώμα του να μετατραπεί σε ρόδινο. Τέλος, καταγράφεται η κατανάλωση DCPIP για να υπολογισθεί αργότερα η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος (mg/100mL).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Αποτελέσματα

5.1 Εκτίμηση του περιεχομένου βιταμίνης C στα επιμέρους συστατικά του εμπλουτισμού

Για τον ογκομετρικό προσδιορισμό των δειγμάτων, προστέθηκαν **0,02g** του μετά νατρίου άλατος 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης 0,040% w/v σε 100,0mL νερού. Έπειτα, το διάλυμα διηθείται σε ογκομετρική φιάλη των **50,00mL**. Αυτό γίνεται διότι τα δείγματα αποτελούνται εξίσου από μέρη φρούτου και σιροπιού. Συνεπώς, με τη διήθηση επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των στερεών υλών που μπορεί να προκαλέσουν σφάλματα (πχ. λάθος ανάγνωση του αποτελέσματος λόγω μη προφανούς χρωματικής αλλαγής). Σύμφωνα και με τη πειραματική πορεία, σημειώθηκε ο όγκος κατανάλωσης $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ έτσι ώστε να βρεθεί/τιτλοδοτηθεί το διάλυμα ινδοφαινόλης. Ο όγκος αυτός ήταν 0,35mL και αφορά τον μέσο όρος τριών διαδοχικών επαναλήψεων. Στη συνέχεια, εκτελώντας τους παρακάτω υπολογισμούς υπολογίσθηκε η συγκέντρωση της ινδοφαινόλης.

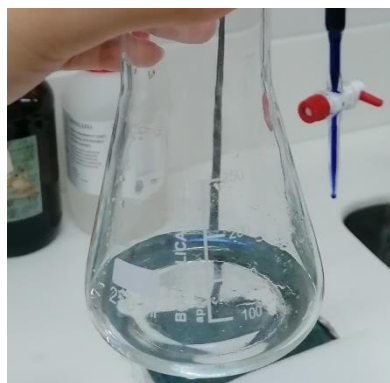
$$\text{Άρα } n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = C \times V = 0,1\text{M} \times 0,35 \times 10^{-3}\text{L} = 0,35 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{άρα } n_{\text{ινδοφαινόλης}} = \frac{1}{2}n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,175 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

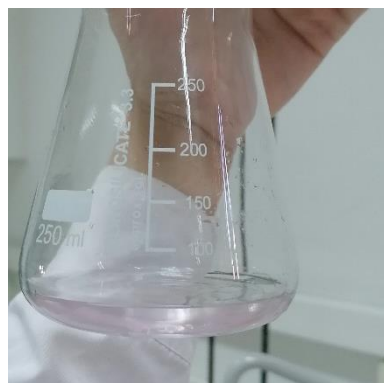
$$\text{Συνεπώς } C_{\text{ινδοφαινόλης}} = \frac{n_{\text{ινδοφαινόλης}}}{V} = \frac{0,175 \times 0,0001 \text{ mol}}{0,01 \text{ L}}$$

$$C_{\text{ινδοφαινόλης}} = \mathbf{0.175 \times 10^{-2} \text{ M}}$$

Τελικά πραγματοποιήθηκε η ογκομέτρηση των δειγμάτων με την ίδια πορεία που αναφέρθηκε παραπάνω (βλέπε 4.4.3), όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί ενώ η περιεκτικότητα τους σε mg βιταμίνης C/100mL προϊόντος παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα.



Εικόνα 9: Πριν το τελικό σημείο



Εικόνα 10: Τελικό Σημείο

Πίνακας 2: Περιεκτικότητα της βιταμίνης C (mg/100mL) στα διάφορα δείγματα χυμών και φρούτων

-	Δείγμα 1 (Σιρόπι επεξεργασμένου φρούτου)	Δείγμα 2 (Σιρόπι Ασερόλας)	Δείγμα 3 (Σταφυλοχυμός)	Δείγμα 4 (Επεξεργασμένο Φρούτο)
Περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος (mg/100mL)	61,6	123,2	12,32	43,12

Οι παραπάνω τελικές συγκεντρώσεις προκύπτουν σύμφωνα με τους παρακάτω υπολογισμούς.

Έστω ότι υπολογίζεται η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C για το δείγμα 1:

Ισχύει ότι, $n_{\text{ινδοφαινόλης}} = C \times V = 0,175 \times 10^{-2} \text{M} \times 1,0 \times 10^{-3} \text{L} \Rightarrow n_{\text{ινδοφαινόλης}} = 0,175 \times 10^{-5} \text{ mol}$

Στα 10 mL της κωνικής φιάλης:

$n_{\text{ινδοφαινόλης}} = n_{\text{ασκορβικού οξέος}} = 0,175 \times 10^{-5} \text{ mol}$

άρα στα 100mL του δείγματος $n_{\text{ασκορβικού}} = 0,175 \times 10^{-4} \text{ mol}$

$n = \frac{m}{Mr} \Rightarrow m = n \times Mr = 0,175 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 176 \text{ g} \Rightarrow m = 0,308 \times 10^{-2} \text{ g}$

Σε 5 mL χυμού περιέχονται $0,308 \times 10^{-2} \text{ g}$ ασκορβικού οξέος

Σε 100mL χυμού περιέχονται $x; = 0,0616 \text{ g/100mL}$ ασκορβικού οξέος

$\bar{H} x = 61,6 \text{ mg}/100\text{mL}$

-Ομοίως με την ίδια υπολογιστική πορεία προκύπτουν και οι συγκεντρώσεις των υπόλοιπων δειγμάτων

5.2 Αποτελέσματα πρώτου εμπλουτισμού

Όπως και στην ενότητα 1 ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα για την τιτλοδότηση του διαλύματος ινδοφαινόλης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο μέσος όρος των τριών επαναλήψεων σχετίστηκε με $0,23\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ η συγκέντρωση της ινδοφαινόλης θα είναι: $C_{\text{ινδοφαινόλης}} = 0.115 \times 10^{-2} \text{ M}$. Σημειώνεται πως ο πρώτος εμπλουτισμός αφορούσε τη προσθήκη σιροπιού ασερόλας στα τελικά δείγματα ενώ τα control δείγματα δεν περιείχαν ασερόλα αλλά επεξεργάστηκαν θερμικά έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα τελικά (Εικόνα 9). Τέλος, οι περιεκτικότητες των δειγμάτων σε βιταμίνη C παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.



Εικόνα 11. Υλικό πλήρωσης θερμικά μη επεξεργασμένο (αριστερά), και Control/τελικά δείγματα στους 20°C και 40°C

Πίνακας 3: Περιεκτικότητα της βιταμίνης C(mg/100mL) στα δείγματα του πρώτου εμπλουτισμού

-	Δείγμα 20°C control (C1) Σιρόπι		Δείγμα 20°C control (C1) Φρούτο		Δείγμα 20°C τελικό (AC1) Σιρόπι		Δείγμα 20°C τελικό (AC1) Φρούτο	
Κατανάλωση ινδοφαινόλης	0,2mL	0,1mL	0,2mL	0,1mL	7,7mL	7,8mL	7,7mL	7,0mL
M.O.	0,15mL		0,15mL		7,8mL		7,4mL	
Περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος (mg/100mL)	6,07		6,07		313,72		297,53	
M.O.	6,07				305,62			
-	Δείγμα 40 °C Control (C2) Σιρόπι		Δείγμα 40 °C Control (C2) Φρούτο		Δείγμα 40 °C Τελικό (AC2) Σιρόπι		Δείγμα 40 °C Τελικό (AC2) Φρούτο	
Κατανάλωση ινδοφαινόλης	0,2mL	0,1mL	0,2mL	0,1mL	9,4mL	8,4mL	7,3mL	6,6mL
M.O.	0,15mL		0,15mL		8,9mL		7,0mL	
Περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος (mg/100mL)	6,07		6,07		360,27		281,34	
M.O.	6,07				320,80			
-	Raw Υλικό Πλήρωσης							
Κατανάλωση ινδοφαινόλης	35,9mL							
Περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος (mg/100mL)	1453,23							

5.3 Αποτελέσματα δεύτερου εμπλουτισμού

Όπως και στις δυο προηγούμενες ενότητες, ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα για την τιτλοδότηση του διαλύματος ινδοφαινόλης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο μέσος όρος των τριών επαναλήψεων σχετίστηκε με 0,26mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ η συγκέντρωση της ινδοφαινόλης θα είναι: $C_{\text{ινδοφαινόλης}} = 0,13 \times 10^{-2} \text{ M}$. Ο δεύτερος εμπλουτισμός αφορούσε τη προσθήκη σκόνης ασκορβικού οξέος (σε ποσότητα αντίστοιχη με εκείνη της προσθήκης ασερόλας) ή μιγμάτων (50-50) με σιρόπι ασερόλας στα τελικά δείγματα (Εικόνα X). Αντίστοιχα, παρασκευάστηκαν αρχικά υλικά πλήρωσης και για τις δυο περιπτώσεις τα οποία δεν επεξεργάστηκαν θερμικά έτσι ώστε να αξιολογηθούν οι απώλειες σε βιταμίνη C κατά τους δυο διαφορετικούς εμπλουτισμούς. Τέλος, οι περιεκτικότητες των δειγμάτων σε βιταμίνη C παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.



Εικόνα 12: Δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά το δεύτερο εμπλουτισμό

Πίνακας 4: Περιεκτικότητα σε βιταμίνη C των δειγμάτων που εμπλουτίστηκαν με σκόνη ασκορβικού ή μίγματος σκόνης και σιροπιού ασερόλας

-	Τελικό 20°C 100% (SC ₁) Σιρόπι		Τελικά 20°C 100% (SC ₁) Φρούτο		Τελικό 20°C 50-50 (MIX ₁) Σιρόπι		Τελικό 20°C 50-50 (MIX ₁) Φρούτο	
Κατανάλωση ινδοφαινόλης	6,7mL	6,5mL	6,4mL	6,4mL	9,3mL	9,7mL	11,1mL	8,6mL
M.O.	6,6mL		6,4mL		9,5mL		9,9mL	
Περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος (mg/100mL)	302,02		292,86		434,72		450,74	
M.O.	297,44				442,73			
-	Τελικό 40°C 100% (SC ₂) Σιρόπι		Τελικά 40°C 100% (SC ₂) Φρούτο		Τελικό 40°C 50-50 (MIX ₂) Σιρόπι		Τελικό 40°C 50-50 (MIX ₂) Φρούτο	
Κατανάλωση ινδοφαινόλης	5,1mL	5,2mL	5,2mL	5,2mL	12,2mL	12,1mL	11,8mL	11,8mL
M.O.	5,2mL		5,2mL		12,2mL		11,8mL	
Περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος (mg/100mL)	235,66		237,95		555,98		509,97	
M.O.	236,81				527,98			
-	Αρχικό υλικό πλήρωσης 100% Σιρόπι		Αρχικό υλικό πλήρωσης 100% Φρούτο		Αρχικό υλικό πλήρωσης 50-50 Σιρόπι		Αρχικό υλικό πλήρωσης 50-50 Φρούτο	
Κατανάλωση ινδοφαινόλης	8,0mL	7,9mL	9,5mL	8,4mL	10,0mL	10,0mL	10,0mL	9,6mL
M.O.	8,0mL		9,0mL		10,0mL		9,8mL	
Περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος (mg/100mL)	363,79		409,55		457,60		448,45	
M.O.	386,67				453,02			

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Σχολιασμός αποτελεσμάτων – Συζήτηση

6.1. Εκτίμηση συγκέντρωσης βιταμίνης C σε επιμέρους συστατικά του τελικού προϊόντος

Αρχικά μπορούμε να παρατηρήσουμε πως το **Σιρόπι Ασερόλας** είχε τη μεγαλύτερη κατανάλωση σε ινδοφαινόλη, δηλαδή και μεγαλύτερη συγκέντρωση σε ασκορβικό οξύ. Αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό εφόσον η ασερόλα είναι ένα φρούτο το οποίο είναι πάρα πολύ πλούσιο σε βιταμίνη C (περισσότερο από ότι ένα πορτοκάλι ή λεμόνι). Κατά την πορεία του πειράματος όμως, η χρωματική αλλαγή στο δείγμα της ασερόλας δεν ήταν αρκετά προφανής, κάτι που κάνει δύσκολο τον ακριβή προσδιορισμό της κατανάλωσης ινδοφαινόλης.

Έπειτα η επόμενη παρατήρηση είναι πως ο **Σταφυλοχυμός** είχε εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ινδοφαινόλης, κάτι που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως ο σταφυλοχυμός έχει πολύ μικρή συγκέντρωση σε ασκορβικό οξύ. Αυτό το περιμέναμε αφού τα σταφύλια δεν περιέχουν τόσο ασκορβικό οξύ όσο τα παραπάνω αναφερόμενα φρούτα (εφόσον δεν αναγράφονται στον Πίνακα 1 με τις βασικές πηγές βιταμίνης C στα φρούτα και λαχανικά, προφανώς η συγκέντρωση της βιταμίνης C είναι πολύ χαμηλή σε αυτά). Τέλος, παρατηρούμε πως το **Σιρόπι επεξεργασμένου φρούτου** και το **Επεξεργασμένο φρούτο** έχουν αρκετά κοντινές ποσότητες κατανάλωσης ινδοφαινόλης (διαφορά 0.3mL), συνεπώς και παραπλήσιες συγκεντρώσεις ασκορβικού οξέος.

6.2. Αξιολόγηση του πρώτου εμπλουτισμού με ασερόλα

Αρχικά παρατηρείται πως τα δείγματα **C₁ (control 20°C)** που δεν έχουν εμπλουτιστεί με ασερόλα έχουν πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη C. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι ο σταφυλοχυμός δεν περιέχει γενικώς πολλή συγκέντρωση ασκορβικού οξέος.

Κατά δεύτερον, φαίνεται πως τα **AC₁ (τελικά δείγματα 20°C)** έχουν πολύ μεγάλη συγκέντρωση σε βιταμίνη C, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν και παραπλήσιες. Αυτό είναι λογικό, αφού προηγείται εμπλουτισμός. Σε σύγκριση με τις αρχικές συγκεντρώσεις, η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος αποδεικνύεται σχεδόν **50πλάσια** από την αρχική.

Από τις πειραματικές μετρήσεις φαίνεται πως τα δείγματα **C₂ (control 40°C)** τα οποία δεν έχουν εμπλουτιστεί με ασερόλα, έχουν πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (αφού ο σταφυλοχυμός δεν περιέχει γενικώς πολλή συγκέντρωση ασκορβικού οξέος).

Κατά δεύτερον, φαίνεται πως τα **AC₂ (τελικά δείγματα 40°C)** έχουν πολύ μεγάλη συγκέντρωση σε βιταμίνη C, αλλά απέχουν πολύ οι συγκεντρώσεις του ενός από το άλλο (>50mg ασκορβικού οξέος/100mL δείγματος). Αυτό οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα, καθώς ήταν δύσκολος ο προσδιορισμός του τελικού σημείου στα τελικά δείγματα (κάποιες φορές γινόταν μετατροπή του χρώματος του δ/τος σε ροζ αλλά αρκετά αργότερα ξαναγινόταν διάφανο προς ροζ). Πιθανά αίτια είναι η χρήση πρότυπου δ/τος το οποίο απαιτεί από μόνο του προσδιορισμό της συγκέντρωσής του ξεχωριστά (πχ. πειραματικό σφάλμα κατά τον προσδιορισμό αυτής), τα βαθμονομημένα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, σφάλμα διάκρισης της χρωματικής αλλαγής απ' τον αναλυτή κ.α.

Προφανώς ελήφθη πολύ μεγάλη συγκέντρωση βιταμίνης C λόγω του εμπλουτισμού που εκτελέστηκε, όμως η συγκέντρωση αυτή μετέπειτα μειώθηκε λόγω της παστερίωσης.

Απώλειες Βιταμίνης C λόγω Παστερίωσης

- % απώλεια βιτ. C (20°C) = $\frac{C_{αρχ}-C_{τελ}}{C_{αρχ}} \times 100 = \frac{1453,23 - 305.62}{1453,23} \times 100$
= **78,97%**
- % απώλεια βιτ. C (40°C) = $\frac{C_{αρχ}-C_{τελ}}{C_{αρχ}} \times 100 = \frac{1453,23 - 320.80}{1453,23} \times 100$
= **77,92%**

-	Δείγμα 20°C	Δείγμα 40°C
% Απώλειας ↓ Βιταμίνης C μετά από παστερίωση	79%	78%
Γενικό % Αύξησης ↑ Βιταμίνης C μετά από εμπλουτισμό στο χυμό	50%	45%

6.3. Αξιολόγηση δεύτερου εμπλουτισμού με σκόνη ασκορβικού ή συνδυασμό σκόνης και σιροπιού ασερόλας

Το πρώτο πράγμα που παρατηρείται είναι πως η περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος είναι αρκετά υψηλή σε όλα τα δείγματα 20°C. Εάν συγκριθούν μεταξύ τους, είναι προφανές πως τα MIX₁, MIX₂ (Δείγματα 50-50) έχουν αρκετά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βιταμίνης C από τα SC₁, SC₂ (Δείγματα 100%). Συγκεκριμένα, στα MIX₁ & MIX₂ η συγκέντρωση σε βιταμίνη C είναι **1,5 φορές μεγαλύτερη** από τα SC₁ & SC₂. Βέβαια, στη δοκιμή του φρούτου των δειγμάτων MIX, οι τιμές είχαν αρκετά μεγάλη απόκλιση (>2mL), η οποία πιθανώς να οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Παρόλα αυτά, η μέση ποσότητα κατανάλωσης δεν απείχε πολύ στην τελική.

Αρχικά τα δείγματα των 40°C παρατηρείται πως επίσης έχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε βιταμίνη C. Οι ποσότητες που ελήφθησαν φαίνονται να έχουν πολύ μικρές αποκλίσεις, κάτι που δίνει πιο έγκυρα αποτελέσματα για την ποσότητα του ασκορβικού οξέος. Στα **Δείγματα MIX₁ & MIX₂** αυτό που ξεχωρίζει είναι ότι η συγκέντρωσή τους σε βιταμίνη C είναι πάνω από **2,25 φορές μεγαλύτερη** από τα δείγματα SC₁ & SC₂, κάτι που θεωρείται αξιοσημείωτο.

Όπως και στα παραπάνω δείγματα, η συγκέντρωση ασκορβικού οξέος είναι υψηλή. Παρόλα αυτά παρατηρείται πως εάν συγκριθούν όλα τα Δείγματα SC, τότε το **Αρχικό υλικό πλήρωσης** έχει **μεγαλύτερες** συγκεντρώσεις ασκορβικού οξέος από τα τελικά δείγματα των 20°C & 40°C. Αυτό είναι κάτι φυσιολογικό, αφού έπειτα, τα τελικά δείγματα έχουν υποστεί παστερίωση, άρα έχουν και απώλεια σε βιταμίνη C.

Αντιθέτως, στην περίπτωση των Δειγμάτων MIX, μπορεί να διακριθεί πως το **Δείγμα των 40°C υπερβαίνει** αρκετά σε συγκέντρωση το **Αρχικό υλικό πλήρωσης**, ενώ το δείγμα των 20°C έχει παραπλήσια συγκέντρωση σε ασκορβικό οξύ με αυτό. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε σφάλμα της μεθόδου, διότι έγιναν μόνο 4 μετρήσεις για το κάθε δείγμα και μπορεί ο μέσος όρος αυτών να απείχε από την πραγματική τιμή. Σφάλματα μπορούν να θεωρηθούν ο μη έγκαιρος προσδιορισμός του ισοδύναμου σημείου ή και το μειονέκτημα της μειωμένης ακρίβειας της μεθόδου. Όμως μπορεί να υποστηριχθεί πως ίσως αποδείχθηκε καλύτερη η σύσταση 50-50 για εμπλουτισμό στο τελικό δείγμα των 40°C.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις σύγχρονες βιομηχανίες τροφίμων, όπου καθημερινά υπάρχουν ανάγκες για τρόφιμα τα οποία είναι όλο και πιο πλούσια σε θρεπτικά συστατικά για μια πιο υγιεινή διατροφή, είναι πλέον απαραίτητη τεχνολογία ο εμπλουτισμός των τροφίμων. Το επιλεγμένο συστατικό εμπλουτισμού αυτής της πτυχιακής εργασίας ήταν η βιταμίνη C, η οποία αποτελεί αρκετά δύσκολη περίπτωση, αφού είναι θερμοευαίσθητη βιταμίνη & επίσης οξειδώνεται εύκολα. Παρόλα αυτά, το μέσο που χρησιμοποιήθηκε για τον εμπλουτισμό ήταν κατά βάση από το φρούτο της ασερόλας, ένα φρούτο αρκετά πλούσιο σε βιταμίνη C. Στην παρούσα εργασία διεξήχθη δοκιμή εμπλουτισμού με διάφορες μεθόδους, με στόχο την παραγωγή επεξεργασμένου φρούτου με αυξημένη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C. Οι μέθοδοι εμπλουτισμού που χρησιμοποιήθηκαν ήταν φυσικής και τεχνητής πηγής αντίστοιχα, και πιο συγκεκριμένα με α) σιρόπι ασερόλας, β) ασκορβικό οξύ ή γ) συνδυασμός αυτών (50 – 50), σε κομπόστα ροδάκινου. Από τα πειραματικά δεδομένα που ελήφθησαν, βασικό συμπέρασμα ήταν πως η μέθοδος 50 – 50 ήταν με διαφορά η πιο αποτελεσματική από όλες. Δεύτερη πιο αποτελεσματική αποδείχθηκε η μέθοδος με σιρόπι ασερόλας, η οποία ήταν πάρα πολύ παραπλήσια στις τιμές βιταμίνης C με τη μέθοδο του ασκορβικού οξέος. Συνεπώς, κάποιος θα μπορούσε ίσως να τις θεωρήσει και «ισάξιες». Μια γενική παρατήρηση από τα αποτελέσματα είναι πως τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στη θερμοκρασία των 40°C και στα οποία εμπλεκόταν η ασερόλα, αποδείχθηκε ότι εμπλουτίστηκαν περισσότερο από αυτά που αποθηκεύτηκαν στους 20°C. Τέλος, σημαντικό είναι πως οι συγκεντρώσεις σε βιταμίνη C του σιροπιού και του φρούτου στην κομπόστα αποδείχθηκαν πολύ παραπλήσιες, κάτι που δείχνει πως ο εμπλουτισμός ήταν αποτελεσματικός και για τα 2 μέρη της κομπόστας.

Εν κατακλείδι, βασικό συμπέρασμα ήταν πως όλες οι μέθοδοι είχαν αποτελεσματικό εμπλουτισμό σε διάφορες βαθμίδες και η ασερόλα αποδείχθηκε εξίσου αποτελεσματική ως μέσο εμπλουτισμού με βιταμίνη C. Παρόλο που η

ογκομετρική μέθοδος δεν είχε μεγάλη ακρίβεια, τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά για να διεξαχθούν αποτελέσματα και να διαπιστωθεί πως από όλους τους εμπλουτισμούς, αυτός με την ανάμειξη ασερόλας και σκόνης ασκορβικού οξέος ήταν ο πιο ικανοποιητικός με διαφορά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Prakash, Anand, and Revathy Baskaran. "*Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers.*" *Journal of food science and technology* 55.9 (2018): 3373-3384.
- Vernin, Gaston, et al. "*Thermal decomposition of ascorbic acid.*" *Carbohydrate research* 305.1 (1997): 1-15.
- Kapur, A., et al. "*Spectrophotometric analysis of total ascorbic acid content in various fruits and vegetables.*" *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina* 38.4 (2012): 39-42.
- Belwal, Tarun, et al. "*Phytopharmacology of Acerola (Malpighia spp.) and its potential as functional food.*" *Trends in food science & technology* 74 (2018): 99-106.
- Burdurlu, Hande Selen, Nuray Koca, and Feryal Karadeniz. "*Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage.*" *Journal of food engineering* 74.2 (2006): 211-216.
- Mercali, Giovana Domeneghini, et al. "*Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment.*" *LWT-Food Science and Technology* 47.1 (2012): 91-95.
- Marques, Luanda G., Maria C. Ferreira, and José T. Freire. "*Freeze-drying of acerola (Malpighia glabra L.).*" *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 46.5 (2007): 451-457.
- Moura, Carlos FH, et al. "*Acerola—Malpighia emarginata.*" *Exotic fruits.* Academic Press, 2018. 7-14.
- Santos, Valéria O., Sueli Rodrigues, and Fabiano AN Fernandes. "*Improvements on the stability and vitamin content of acerola juice obtained by ultrasonic processing.*" *Foods* 7.5 (2018): 68.

Garcia, Vitor Augusto dos Santos, et al. "*Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying.*" *Brazilian Journal of Food Technology* 23 (2020).

Schlueter, Amanda K., and Carol S. Johnston. "*Vitamin C: overview and update.*" *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* 16.1 (2011): 49-57.

Sauberlich, Howerde E. "*Pharmacology of vitamin C.*" *Annual review of nutrition* 14 (1994): 371-391.

Lykkesfeldt J, Michels AJ, Frei B. *Vitamin C*. *Adv Nutr*. 2014 Jan 1;5(1):16-8.

Καλιδώνη, Βασιλική. "*Βιταμίνες και ανόργανα συστατικά, νομοθεσία, ισχυρισμοί υγείας.*" (2015).

Du, J., Cullen, J. J., & Buettner, G. R. (2012). *Ascorbic acid: chemistry, biology and the treatment of cancer*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Reviews on Cancer*, 1826(2), 443-457.

Μανώλη, Γ., Μαυροειδής, Δ., Μπαρλαμπά, Μ. Ε., Ουλή, Μ. Φ., Πετροπούλου, Φ. Μ., Τζουρμανά, Ε., & Χατζηγιάννη, Α. (2019). *Μελέτη της μεταβολής της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C φυσικού χυμού πορτοκαλιού σε συνάρτηση με το χρόνο*. *Open Schools Journal for Open Science*, 2(1), 240-246.

Juhász, M., Kitahara, Y., Takahashi, S., & Fujii, T. (2012). *Thermal stability of vitamin C: Thermogravimetric analysis and use of total ion monitoring chromatograms*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 59, 190-193.

Herbig, A. L., & Renard, C. M. (2017). *Factors that impact the stability of vitamin C at intermediate temperatures in a food matrix*. *Food Chemistry*, 220, 444-451.

National Center for Biotechnology Information (2011). PubChem Compound Summary for CID 54670067, Ascorbic acid. Retrieved July 25, 2022 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ascorbic-acid>.

Padayatty, S. J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J. H., ... & Levine, M. (2003). *Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention*. Journal of the American college of Nutrition, 22(1), 18-35.

Vitamin C (2017) *Vitamin C Fact sheet for health professionals*. National Institutes of Health. Office of Dietary Supplements. Available online: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>

Vitamin C (2020) Vitamin C. The Nutrition Source. Harvard T.H. Chan School of Public Health. Available online: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/vitamin-c/>

Pappenberger G, Hohmann HP. (2013) *Industrial production of L-ascorbic Acid (vitamin C) and D-isoascorbic acid*. Adv Biochem Eng Biotechnol. 2014; 143:143-88. doi: 10.1007/10_2013_243. PMID: 24258144.

Caritá AC, Fonseca-Santos B, Shultz JD, Michniak-Kohn B, Chorilli M, Leonardi GR. (2020) *Vitamin C: One compound, several uses. Advances for delivery, efficiency and stability*. Nanomedicine. 2020 Feb; 24:102117. doi: 10.1016/j.nano.2019.102117. Epub 2019 Oct 30. PMID: 31676375.

Devaki, S. J. , & Raveendran, R. L. (2017). *Vitamin C: Sources, Functions, Sensing and Analysis*. In (Ed.), Vitamin C. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70162>

Bandyopadhyay, K., Mukherjee, M., Deb, P., Biswas, A., Gope, R. K., & Das, S. (2020) *STUDY ON THE FORTIFICATION TECHNIQUES OF MULTIPLE FOOD PRODUCTS USING IMMUNITY BOOSTING MICRONUTRIENTS AND ANTIOXIDANTS: A LITERATURE REVIEW*.

International Journal of Engineering Applied Sciences & Technology.
October 2020, 163 – 169.

Wirakartakusumah, M. A., & Hariyadi, P. (1998). *Technical aspects of food fortification*. Food and nutrition bulletin, 19(2), 101-108.

Artés-Hernández, F., Castillejo, N., Martínez-Zamora, L., & Martínez-Hernández, G. B. (2021). *Phytochemical Fortification in Fruit and Vegetable Beverages with Green Technologies*. Foods (Basel, Switzerland), 10(11), 2534. <https://doi.org/10.3390/foods10112534>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: <https://www.researchgate.net/profile/Min-Gul-Kim/publication/312229647/figure/fig1/AS:732769055420425@1551717165728/Chemical-structure-of-ascorbic-acid-and-dehydroascorbic-acid-as-depicted-through-a-redox.png>

Εικόνα 2: Killeit, U. (1988). *The Stability of Vitamins. A Selection of Current Literature*. Grenzach-Wyhlen, West Germany: Hoffman-La-Roche AG.

Εικόνα 3: <https://ro.wiktionary.org/wiki/acerola#/media/Fi%C8%99ier:Acerola2.JPG>

Εικόνα 4: <https://www.forbes.com/sites/daphneewingchow/2022/01/31/this-potent-cherry-is-barbados-hidden-treasure/>

Εικόνα 5: <https://www.shutterstock.com/image-photo/acerola-cherry-three-color-on-white-710290651>

Εικόνα 6: https://www.researchgate.net/figure/Oxidation-mechanism-of-vitamin-C-L-ascorbic-acid_fig2_342918066

Εικόνα 7: <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-69247f9b93a3b475fd449901115aa68c>

Εικόνα 8, 9, 10, 11, 12: Προσωπικό Αρχείο