



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΣΕ  
ΕΚΧΥΛΙΣΜΑ ΞΗΡΩΝ ΣΤΗΜΟΝΩΝ ΤΟΥ ΚΡΟΚΟΥ ΚΟΖΑΝΗΣ  
(CROCUS SATIVUS)**



Παναγιώτης Μιχαλακάκος, ΑΜ 15472

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Καριπίδης  
Καθηγητής Σχολής Γεωπόνων, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Άρτα, Σεπτέμβριος, 2021

**EVALUATION OF THE PHENOLIC CONTENT IN DRY EXTRACT  
OF KOZANI CROCUS (CROCUS SATIVUS)**

## **Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή**

Άρτα, Ημερομηνία

### **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

1. Επιβλέπων καθηγητής

Χαράλαμπος Καριπίδης, Καθηγητής Σχολής Γεωπόνων, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

2. Μέλος επιτροπής

Παρασκευή Μπέζα , Επίκουρος Καθηγήτρια Σχολής Γεωπόνων, Πανεπιστημίου  
Ιωαννίνων

3. Μέλος επιτροπής

Παρασκευή Υφαντή, Μέλος ΕΔΙΠ Σχολής Γεωπόνων, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

© Μιχαλακάκος Παναγιώτης, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

## **Δήλωση μη λογοκλοπής**

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Μιχαλακάκος Παναγιώτης

Υπογραφή

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θερμές ευχαριστίες, στον επιβλέποντα καθηγητή κο Χαράλαμπο Καριπίδη για την αμέριστη στήριξη και καθοδήγησή του, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας, καθώς και για τη διασφάλιση της επιτυχούς ολοκλήρωσή της.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αρωματικό φαρμακευτικό φυτό, Κρόκος Κοζάνης “*Crocus Sativus*” καλλιεργείται συστηματικά στην Δυτική Μακεδονία και ιδιαίτερα στην περιοχή της Κοζάνης και αποτελεί ένα προϊόν με παγκόσμιο ενδιαφέρον. Τα κόκκινα στίγματα του κρόκου, γνωστά και ως «σαφράν» βρίσκουν πολλές εφαρμογές στη μαγειρική, προσθέτοντας ιδιαίτερο άρωμα, γεύση αλλά και χρωματισμό στα τρόφιμα.

Πρόκειται για ένα από τα ακριβότερα μπαχαρικά που υπάρχουν στον κόσμο, με μεγάλες προοπτικές εξέλιξης, λόγω των φαρμακευτικών και θεραπευτικών του ιδιοτήτων. Πολλές, επιστημονικές μελέτες επιβεβαιώνουν, ότι οι ουσίες που περιέχει ο κρόκος έχουν με σημαντικές αντιοξειδωτικές και αντιθρομβωτικές ιδιότητες και ότι εμποδίζουν την εξάπλωση των καρκινικών κυττάρων.

Τα τελευταία χρόνια, η επιστήμη επικεντρώνεται στην επίδραση της διατροφής στην ανθρώπινη υγεία και το όριο ζωής. Οι φαινολικές ουσίες, οι οποίες βρίσκονται σε αφθονία σε φυτικής προέλευσης τρόφιμα, έχουν συγκεντρώσει το ενδιαφέρον των ερευνητών, καθώς τους έχουν αποδοθεί αντιοξειδωτικές ικανότητες και προστατευτική δράση απέναντι στο οξειδωτικό στρες, όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές ασθένειες. Τα κύρια συστατικά του κρόκου Κοζάνης είναι μια πλούσια πηγή φαινολικών ουσιών στην ανθρώπινη διαίτα.

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση του φαινολικού περιεχομένου σε εκχύλισμα ξηρών στημόνων του Κρόκου Κοζάνης με την φασματοφωτομετρική μέθοδο DPPH, καθώς και τη μέθοδο Folin-Ciocalteu (FC). Τα αποτελέσματα της εργασίας, έδειξαν ότι η FC μέθοδος μπορεί να θεωρηθεί ως πιο αξιόπιστη για τον προσδιορισμό των φαινολικών ενώσεων, ενώ δεν ήταν δυνατό να αξιοποιηθεί η μέθοδος DPPH για την μέτρηση των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων του κρόκου Κοζάνης.

**Λέξεις-κλειδιά:** Κρόκος Κοζάνης, φαινολικές ενώσεις, αντιοξειδωτική ικανότητα, μέθοδος DPPH, μέθοδος Folin-Ciocalteu.

## ABSTRACT

The aromatic medicinal plant, Kozani Crocus "*Crocus Sativus*" is systematically cultivated in Western Macedonia and especially in the region of Kozani and is a product of global interest. The dried red stigmas of the yolk, also known as "saffron", find many applications in cooking, such as adding special aroma, taste, and color to the food.

It is one of the most expensive spices in the world, with great potential for development, due to its medicinal and therapeutic properties. Many scientific studies confirm that the substances contained in the yolk have significant antioxidant and anticoagulant properties that also prevent the spread of cancer cells.

Recently, studies have been focused on the effect of diets on human health and life expectancy. Phenolic substances, which can be found in abundance in plant-based foods, have attracted the interest of researchers, as they have been given antioxidant abilities and they seem to have protective actions against oxidative stress, such as cancer and cardiovascular disease. The main ingredients of Kozani Crocus are a rich source of phenolic substances in the human diet.

The present study aims to evaluate the phenolic content in dried stamens extract of the Kozani Crocus using the DPPH spectrophotometric method, as well as the Folin-Ciocalteu (FC) method. The results of the work showed that the FC method can be considered as the most reliable for the determination of phenolic compounds, while the DPPH method could not be used to measure the antioxidant properties of Kozani Crocus.

**Keywords:** Kozani Crocus, phenolic compounds, antioxidant capacity, DPPH method, Folin-Ciocalteu method



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT .....	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ .....	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	13
1 ΤΟ ΦΥΤΟ ΚΡΟΚΟΣ .....	14
1.1 Βοτανική περιγραφή.....	14
1.2 Είδη του κρόκου .....	16
1.3 Πολλαπλασιασμός .....	22
2 Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΚΡΟΚΟΥ.....	24
2.1 Ιστορική αναδρομή.....	24
2.2 Η καλλιέργεια του κρόκου στην περιοχή της Κοζάνης .....	27
2.3 Η προετοιμασία του εδάφους και φύτευση.....	31
2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες .....	33
2.5 Συγκομιδή .....	33
2.6 Εδαφοκλιματικές ανάγκες.....	35
2.7 Η λίπανση .....	37
3 Η ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΡΟΚΟΥ .....	39
3.1 Χημικά συστατικά του φυτού .....	39
3.2 Χημική σύσταση των στιγμάτων του κρόκου .....	39
3.3 Θρεπτικές ιδιότητες του κρόκου .....	44
3.4 Αντιοξειδωτικές ιδιότητες.....	48
3.5 Φαινολικές ουσίες .....	50

4	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	52
4.1	Υλικά και μέθοδοι .....	52
4.2	Προσδιορισμός Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας (TAC).....	53
4.2.1	Μέθοδος DPPH .....	53
4.3	Προσδιορισμός περιεχόμενου σε ολικές φαινόλες .....	56
4.3.1	Μέθοδος Folin Ciocalteu.....	56
5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	59
5.1	Ολική Αντιοξειδωτική Ικανότητα (TAC) .....	59
5.2	Περιεκτικότητα σε φαινολικές ουσίες .....	60
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	66

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Στελέχη του κρόκου και περιοχές εγχώριας καλλιέργειας /αυτοφύησης.....	22
Πίνακας 3.1: Τυπική Σύσταση του σαφράν.....	44
Πίνακας 5.1: Πειραματικά αποτελέσματα της ποσότητας των ολικών φαινολικών ουσιών (ως ισοδύναμη ποσότητα σε Γαλλικό Οξύ) που προσδιορίστηκαν με την μέθοδο Folin-Ciocalteu στον κρόκο Κοζάνης σε τρία διαφορετικά εκυλιστικά μέσα .....	62

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Διαγραμματική απεικόνιση του <i>Crocus sativus</i> L.....	14
Εικόνα 1.2: Κορμοί, ρίζες, φύλλα και άνθος του <i>Crocus sativus</i> L.....	15
Εικόνα 1.3: <i>Crocus Sieberi</i> .....	16
Εικόνα 1.4, 1.5: <i>Crocus olivieri</i> και <i>Crocus atticus</i> .....	17
Εικόνα 1.6, 1.7: <i>Crocus cancellatus</i> και <i>Crocus tournefortii</i> J. Gay.....	20
Εικόνα 1.8: Βλαστικός κύκλος του <i>Crocus sativus</i> L.....	23
Εικόνα 2.1: Απόσπασμα τοιχογραφίας των κροκοσυλλεκτριών από το Ακρωτήρι.....	25
Εικόνα 2.2: Απόσπασμα τοιχογραφίας του κρόκου από το Ακρωτήρι.....	25
Εικόνα 2.3: Χώρες καλλιέργειας κρόκου.....	27
Εικόνα 2.4: Το χωριό Κρόκος στην περιοχή Κοζάνης.....	28
Εικόνα 2.5: Καλλιεργούμενες εκτάσεις σε στρέμματα κρόκου Κοζάνης από το 2005 έως το 2015.....	30
Εικόνα 2.6: Παραγωγή κρόκου Κοζάνης από το 2005 έως το 2015.....	31
Εικόνα 2.7, 2.8: Συλλογή ανθέων και διαχωρισμός στιγμάτων με το χέρι .....	34
Εικόνα 2.9: Αγρός με κρόκο στη Δυτική Μακεδονία.....	37
Εικόνα 3.1: Χημική δομή της πικροκροκίνης.....	40
Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση υποβάθμισης της πικροκροκίνης.....	41
Εικόνα 3.3: Χημική δομή της σαφρανάλης. Το βασικότερο συστατικό του αιθέριου ελαίου του saffron.....	41
Εικόνα 3.4: Χημική δομή κροκίνης.....	42

Εικόνα 4.1: Δοκιμαστικοί σωλήνες με τα εκχυλίσματα του κρόκου. Αριστερά στην εικόνα σε νερό, στο μέσον σε μείγμα μεθανόλης - νερού και δεξιά σε καθαρή μεθανόλη.....	53
Εικόνα 4.2: Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικού αναφοράς (trolox) και μείωσης του ποσοστού απορρόφησης του διαλύματος των 60 μΜοΙ του DPPH .....	55
Εικόνα 4.3: Καμπύλη αναφοράς που αποδίδει την σχέση μεταξύ ποσότητας γαλλικού οξέος και απορρόφησης φωτός σε μήκος κύματος 750nm, μετά την αντίδραση με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu.....	58
Εικόνα 5.1: Πλαστικές κυβέττες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την φασματοφωτομετρία της Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας του κρόκου. Η κυβέττα 1 περιέχει αραιωμένο κατά 20 φορές το αρχικό εκχύλισμα χωρίς την προσθήκη του DPPH. Η κυβέττα 2 μετά την προσθήκη του αντιδραστήριου. Οι κυβέττες 3,4 και 5 περιέχουν trolox σε διάφορες συγκεντρώσεις μετά την αντίδραση με DPPH.....	59
Εικόνα 5.2: Πλαστικές κυβέττες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την φασματοφωτομετρία των φαινολικών ουσιών στα εκχυλίσματα του κρόκου. Αριστερά μετά από εκχύλιση με νερό (1), στο μέσον μετά από εκχύλιση με μείγμα 80:20 μεθανόλης-νερού (2), δεξιά μετά από εκχύλιση σε καθαρή μεθανόλη (3).....	60
Εικόνα 5.3: Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις της περιεκτικότητας σε φαινολικά συστατικά στον κρόκο Κοζάνης σε τρία διαφορετικά εκχυλιστικά μέσα. (Οι μέσοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με την δοκιμασία Duncan για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ).....	62

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κρόκος είναι ένα αρωματικό φαρμακευτικό φυτό, που τα τελευταία χρόνια, έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον, τόσο σε καλλιεργητικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο οικονομίας στην Ελλάδα. Ο κρόκος “Crocus Sativus” καλλιεργείται συστηματικά στην Δυτική Μακεδονία και ιδιαίτερα στα χωριά της Κοζάνης, όπως ο Κρόκος, η Άνω Κώμη και η Καρυδίτσα. Είναι γνωστός και με τα ονόματα σαφράν ή ζαφορά και η διεθνής ονομασία του είναι Greek Red Saffron (International Standard ISO 3632-1:1993, Χατζοπούλου, 2017).

Ο ελληνικός κρόκος θεωρείται ένας από τους καλύτερους ποιοτικά σε παγκόσμιο επίπεδο και η συμβολή του Αναγκαστικού Συνεταιρισμού Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, που μετέτρεψε την κροκοκαλλιέργεια σε δυναμική καλλιέργεια για την περιοχή, είναι καθοριστική, καθώς αποτελεί τον φορέα που έχει τη συνολική ευθύνη για τη συγκέντρωση, την επεξεργασία, την τυποποίηση και τη διάθεση του προϊόντος. Ο κρόκος αποτελεί ένα προϊόν με παγκόσμιο ενδιαφέρον, ένα από τα ακριβότερα μπαχαρικά που υπάρχουν στον κόσμο, με μεγάλες προοπτικές εξέλιξης, λόγω των ιδιοτήτων του και ευρύτατη χρήση σε πολλούς τομείς της επιστήμης. Είναι γνωστός για τις φαρμακευτικές, αρωματικές και θεραπευτικές του ιδιότητες (Saxena, 2010).

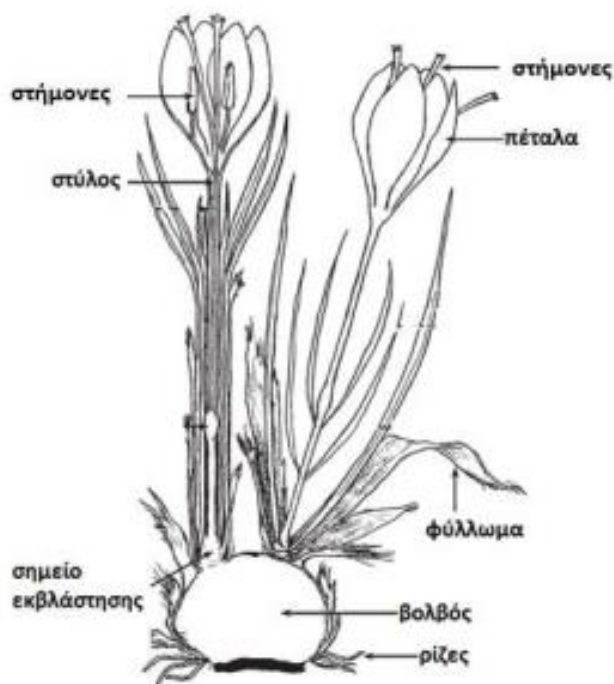
Τα κόκκινα στίγματα του κρόκου, είναι γνωστά με το όνομα «σαφράν» και βρίσκουν πολλές εφαρμογές ως πρόσθετο τροφίμων, λόγω των αρωματικών ουσιών που περιέχουν και για το χρωματισμό που προσδίδουν σε αυτά. (Tsimidou & Tsatsaroni, 1993). Η χρήση του αφορά κυρίως στη μαγειρική, προσθέτοντας ευχάριστο άρωμα, γεύση αλλά και στη φυσική βαφή ορισμένων τροφίμων.

Στις θεραπευτικές ιδιότητες του κρόκου αναφέρονται η τονωτική και η θεραπευτική δράση του (Bhargava, 2011). Επίσης πολλές επιστημονικές μελέτες αναφέρουν ότι οι ουσίες που περιέχει ο κρόκος έχουν αντιοξειδωτικές και αντιθρομβωτικές ιδιότητες και ότι εμποδίζουν την εξάπλωση των καρκινικών κυττάρων. Γι’ αυτούς τους λόγους και από αρχαιότερους χρόνους κατείχε μία ιδιαίτερη θέση σε όλους τους λαούς.

# 1 ΤΟ ΦΥΤΟ ΚΡΟΚΟΣ

## 1.1 Βοτανική περιγραφή

Το φυτό *Crocus sativus*, Κρόκος ο εδώδιμος, αποτελεί γένος των κορμωδών φυτών της οικογένειας Ιριδωδών (Iridaceae), της τάξεως των Λειριανθών (Liliales), η οποία περιλαμβάνει 70 είδη του γένους *Crocus* (Εικόνα 1.1), από τα οποία, τουλάχιστον τα 18 αυτοφύονται στην Ελλάδα (Carmona Delgado et al. 2006, Βαρδαβάκης, 1993). Πρόκειται για πολυετές, ποώδες φυτό, που φθάνει σε ύψος τα 10 έως 25 cm και αναπτύσσεται από τους βολβούς του, αφού σαν τριπλοειδές φυτό, τα πορφυρά-ιώδη άνθη του δεν μπορούν να παραγάγουν σπόρο και να αναπτύξουν καρπούς (White Book: Saffron in Europe).



**Εικόνα 1.1:** Διαγραμματική απεικόνιση του *Crocus sativus* L. (Alonso et al., 2012)

Τα ιδιαίτερα βοτανικά χαρακτηριστικά του κρόκου είναι:

- **Κορμοί ή κόρμοι:** Είναι κατακόρυφοι υπόγειοι βλαστοί που εξωτερικά μοιάζουν με βολβούς, σφαιρικού σχήματος, σαρκώδεις, λίγο πεπλατυσμένοι, και διαμέτρου 3-5 cm, που προστατεύονται από ινώδεις, καστανόφαιους, δικτυωτούς χιτώνες, δηλαδή φυλλώδεις δομές, που προέκυψαν από τον εκφυλισμό διάφορων βλαστών

από τους οποίους προέρχονται. Από το πάνω μέρος του κόρμου ξεκινά ο βλαστός του φυτού, λεπτός και κοντός, απ' όπου και εκπτύσσονται τα φύλλα και τα άνθη.

- **Άνθη:** Τα άνθη του φυτού είναι μεγάλα, 1-3 ανά κορμό εμφανίζονται από Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο. Είναι μονήρη, ακτινόμορφα, μεγάλα και αποτελούνται από 6 πέταλα, τρία εσωτερικά και τρία εξωτερικά, που ενώνονται στο μακρύ σωλήνα που βγαίνει στο ανώτερο τμήμα της ωοθήκης. Έχουν χρώμα μωβ, ενώ σε άλλα είδη του κρόκου, το χρώμα μπορεί να είναι κίτρινο, άσπρο ή ακόμα και βαθυγάλαζο. Στο κέντρο του άνθους υπάρχουν τρεις κίτρινοι στήμονες και η ωοθήκη με το στύλο, ο οποίος χωρίζεται σε 3 κόκκινα στίγματα. Τα στίγματα ειδικότερα, που αποτελούν και την δρόγη του φυτού, έχουν κόκκινο προς το πορτοκαλί στιλπνό χρώμα, φέρουν ένα χαρακτηριστικό ελαφρό άρωμα και έχουν μήκος 25 με 35 mm, το οποίο είναι δυσανάλογο σε σύγκριση με τα άλλα όργανα του, με αποτέλεσμα να κρέμονται έξω από το λουλούδι. Τα αποξηραμένα κόκκινα στίγματα αποτελούν το μεγάλης αρτυματικής αξίας προϊόν, το σαφράν (saffron), για το οποίο γίνεται η καλλιέργεια του κρόκου (Καρασταμάτη, 2014).
- **Φύλλα:** Τα φύλλα είναι όλα παράρριζα, καθώς εκφύονται απευθείας από τον κορμό και ποικίλλουν σε αριθμό, 4-10 ανά κορμό, με βαθυπράσινο χρώμα και γραμμωτό στενόμακρο σχήμα. Αναπτύσσονται και διατηρούνται όλο το χειμώνα μέχρι και το Μάιο, όπου κατά κανόνα ξηραίνονται, φτάνοντας τα 30-50cm. (Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, 2010, Alonso et al., 2012).
- **Ρίζες:** Οι κορμοί φέρουν δύο διαφορετικά δομικά και λειτουργικά είδη ριζών, τις ινώδεις ρίζες και τις συσταλτές ρίζες, πολυάριθμες και λεπτές, λευκού χρώματος και παρουσιάζουν διάφορα μήκη, 5-10 cm. (Κουτσός, 2006).



**Εικόνα 1.2:** Κορμοί, ρίζες, φύλλα και άνθος του *Crocus sativus* L. (Καρασταμάτη, 2014).



## 1.2 Είδη του κρόκου

Τα σπουδαιότερα είδη που συναντώνται στο κόσμο, αλλά και την Ελλάδα είναι:

- ***Crocus sieberi* – subsp. *Nivalis***. Ενδημικό φυτό που φύεται στην Ορεινή και Αλπική ζώνη, ενώ συναντάται και στην Κρήτη. Έχει 3-6 γραμμοειδή φύλλα με λευκή κεντρική λουρίδα. Τα άνθη εμφανίζονται από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούνιο. Έχουν υπόγεια ωοθήκη, περιάνθιο από έξι βιολετί με κίτρινη βάση τμήματα, τα οποία ενώνονται και σχηματίζουν μακρύ σωλήνα που μοιάζει με βλαστό, τρεις στήμονες με κίτρινους ανθήρες και κίτρινο ή πορτοκαλί στύλο, ο οποίος διακλαδίζεται στη κορφή σε τρία μέρη. Ο κρόκος *nivalis* εμφανίζεται σε λιβάδια μεγάλων υψομέτρων, αμέσως μετά το λιώσιμο των χιονιών. Το είδος *sieberi* είναι βαλκανικό με αρκετά μεγάλη εξάπλωση στην ορεινή ηπειρωτική Ελλάδα και διακρίνεται σε 4 υποείδη. Το *Crocus subsp. Firefly* με μωβ άνθη, το *Crocus subsp. Tricolor* με βυσσινί άνθη, ενώ το *subsp. nivalis* είναι ενδημικό του Ταϋγέτου.



Εικόνα 1.3: *Crocus Sieberi* (Χατζοπούλου, 2017)

- **Κρόκος ο Αδριατικός - *Crocus hadriaticus***: Έχει 5-11 στενά, γραμμοειδή φύλλα και 1-4 άνθη, με υποφυή (υπόγεια) ωοθήκη, κίτρινο, μακρύ, τριχωτό σωλήνα που μοιάζει με βλαστό, περιάνθιο από έξι λευκά αντωοειδή ή αντιλογχοειδή τμήματα μήκους έως 4,5 cm, έναν κόκκινο τρισχιδή διακλαδισμένο στύλο και τρεις στήμονες με κίτρινους ανθήρες. Ανθίζει το φθινόπωρο, είναι ενδημικό της Δυτικής, Νότιας Ελλάδας και των Κυκλάδων, ενώ αυτοφύεται κυρίως στα Ιόνια νησιά και την Πελοπόννησο.

- ***Crocus olivieri***. Έχει 4-8 γραμμοειδή φύλλα. Τα άνθη εμφανίζονται από το Φεβρουάριο έως τον Απρίλιο. Έχουν υπόγεια ωοθήκη, περιάνθιο από έξι κίτρινα τμήματα, τα οποία ενώνονται και σχηματίζουν μακρύ σωλήνα που μοιάζει με βλαστό μήκους 5 έως 20 cm, τρεις στήμονες με κίτρινους ανθήρες και κίτρινο ή πορτοκαλί στύλο, ο οποίος διακλαδίζεται στην κορυφή σε έξι λεπτά μέρη. Απαντάται σε λιβάδια, ανοιχτά δάση και θαμνώνες σε χαμηλά και μέσα υψόμετρα. Εξαπλώνεται στα Βαλκάνια και την Τουρκία.



**Εικόνα 1.4, 1.5:** *Crocus olivieri* και *Crocus atticus* (Χατζοπούλου, 2017)

- **Κρόκος ο Αττικός – *Crocus Atticus Orph.***: Αυτοφύεται σε ορεινές περιοχές της Ηπειρωτικής Ελλάδας (αλπικές ζώνες). Τα φύλλα του είναι στενά με μεσαία λευκή γραμμή, 3-5 σε αριθμό ανά βολβό και ισοϋψή με τα άνθη. Τα άνθη είναι 1-2 ανά βολβό, ιώδη, με φάρυγγα λείο κίτρινο και εμφανίζονται το Φθινόπωρο. Οι ανθήρες είναι μεγαλύτεροι των στιγμάτων.
- **Κρόκος ο εσχарωτός – *Crocus cancellatus Herb.***: Αυτοφύεται στα Ιόνια νησιά, Εύβοια και Πελοπόννησο. Έχει τους πιο νόστιμους εδώδιμους κόρμους.
- ***Crocus tournefortii J. Gay***: Είναι ενδημικό των Κυκλάδων νήσων και συναντάται στη Σύρο, Τήνο, Μύκονο και Δήλο. Έχει πορτοκαλί στίγμα και λευκούς ανθήρες. Τα στίγματά του χρησιμοποιούνται ως αρτυματικό στην παρασκευή τροφίμων και αφεψημάτων, όπως επίσης και σαν φυσική βαφή.
- **Κρόκος ο κορολκόβιος - *Crocus korolkowii***: Είδος με πολύ μεγάλο κονδυλώδη βολβό, που τον Μάρτιο παράγει άνθη σε σχήμα αστεριού, με χρώμα πορφυρό εξωτερικά και κίτρινο εσωτερικά.
- **Κρόκος ο κολτσιανός - *Crocus koltshyanus***: Γνωστός και σαν κρόκος ο ζωνωτός (*Crocus zonatus*). Ενδημικό φυτό του Λιβάνου, με άνθη ιώδη με πορτοκαλί

κηλίδες στη βάση τους, 8- 12 cm, που εμφανίζονται από τον Αύγουστο μέχρι τον Οκτώβριο, προτού βγουν τα φύλλα.

- **Κρόκος ο Κρεβίειος - *Crocus crewii*:** Έχει 4-6 φύλλα, σχεδόν ισομήκη με τα άνθη, που είναι λευκά με επιμήκεις λοβούς.
- **Κρόκος ο λείος - *Crocus laevigatus*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της χώρας μας, με άνθη που το χρώμα τους ποικίλλει από λευκό έως ανοιχτό γαλάζιο, με πορφυρές νευρώσεις. Εμφανίζονται από τον Οκτώβριο έως και τον Δεκέμβριο, μεγέθους 5-6 cm.
- **Κρόκος ο μακρανθής - *Crocus longiflorus*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της νότιας Ιταλίας, που είναι γνωστός και σαν κρόκος ο εύοσμος (*Crocus odoratus*), λόγω του έντονου αρώματος που αναδίδουν τα άνθη του, που έχουν χρώμα πορφυρό-ιώδες, με πορτοκαλί αποχρώσεις εσωτερικά και ιώδεις εξωτερικά και εμφανίζονται από τον Οκτώβριο έως Νοέμβριο.
- **Κρόκος ο μέσος - *Crocus medius*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό των Άλπεων και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος στην Ιταλία, που αναπτύσσεται σε πολύ προσήλια μέρη. Τα άνθη του είναι μεγάλα, 8-9 cm, έχουν πορφυρό χρώμα και βαθύ πορτοκαλί στίγμα, που αναδίδουν ένα λεπτό άρωμα. Μετά την ανθοφορία, κατά τον Οκτώβριο έως Νοέμβριο, εμφανίζονται τα φύλλα.
- **Κρόκος ο ελάχιστος - *Crocus minimus*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της Κορσικής και της Σαρδηνίας, που παράγει άνθη με ωχροκίτρινο χρώμα και πορφυρές αποχρώσεις, κατά το μήνα Απρίλιο. Είναι ένας από τους μικρότερους κρόκους που καλλιεργούνται σήμερα, καθώς έχει ύψος περίπου 5 cm.
- **Κρόκος ο χιονώδης - *Crocus niveus*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της χώρας μας, με λευκά άνθη, ερυθρό στίγμα και κίτρινους ανθήρες, που εμφανίζονται το φθινόπωρο μαζί με τα φύλλα.
- **Κρόκος ο ωχρολευκος - *Crocus ochroleucus*:** Είναι είδος ασιατικής προέλευσης, με υπόλευκα άνθη με κίτρινη βάση, που εμφανίζονται από τον Οκτώβριο έως το Νοέμβριο. Από το είδος αυτό έχουν προκύψει ποικιλίες με λευκά άνθη.
- **Κρόκος ο ολιβιέρειος - *Crocus olivieri*:** Καλλιεργείται σε βραχώκηπους ή σε μη θερμαινόμενα θερμοκήπια και παράγει άνθη, χρώματος βαθύ πορτοκαλί, στις αρχές της Άνοιξης, ενώ φύλλα του είναι μεγάλα και πλατιά.

- **Κρόκος ο ευπρεπής - *Crocus pulchellus*:** Τα άνθη του είναι μεγάλα, μεγέθους έως 10 cm, χρώματος μωβ, που εμφανίζονται από τον Σεπτέμβριο έως τον Νοέμβριο, ταυτόχρονα με τα φύλλα.
- **Κρόκος ο ευειδής - *Crocus spiosus*:** Πρόκειται για το πιο διαδεδομένο είδος, εξαιτίας της εύκολης καλλιέργειας του. Τα άνθη του, ξεπερνούν τα 10 cm, που εμφανίζονται από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο, πριν βγουν τα φύλλα. Έχουν γαλάζιο χρώμα, κίτρινους ανθήρες και κόκκινα στίγματα.
- **Κρόκος ο διανθής - *Crocus biflorus*:** Είδος κρόκου με μεγάλα άνθη, που φτάνουν σε μέγεθος περίπου τα 10 cm, λευκού χρώματος, με γαλάζιες- πορφυρές γραμμώσεις, που εμφανίζονται περίπου τον Φεβρουάριο.
- **Κρόκος ο εσχαρωτός - *Crocus cancellatus*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό των ανατολικών παραμεσόγειων περιοχών, που είναι γνωστός και σαν *Crocus nudiflorus* (κρόκος ο γυμνανθής), με λευκά άνθη, πορφυρών γραμμώσεων και αποχρώσεων, κίτρινους ανθήρες και άλικο στίγμα στον ύπερο. Έχουν σχήμα σφαιρικό, φτάνουν τα 8-12 cm σε ύψος και εμφανίζονται κατά τον Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο, πριν αναπτυχθούν τα φύλλα.
- **Κρόκος ο λευκός - *Crocus candidus*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της Τουρκίας. Τα άνθη του εμφανίζονται την Άνοιξη, με ποικίλα χρώματα που κυμαίνονται από λευκό έως κίτρινο ή πορτοκαλί, ενώ τα φύλλα αναπτύσσονται ταυτόχρονα με τα άνθη.
- **Κρόκος ο Καρτβριτιάνειος - *Crocus cartwrightianus*:** Συναντάται σε άγονους τόπους της Αττικής και των νησιών του Αιγαίου και της Κρήτης, με λευκό χρώμα άνθεων.
- **Κρόκος ο χρύσανθος - *Crocus chrysanthus*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της χώρας μας και της Τουρκίας, με χρυσοκίτρινα άνθη, ύψους 7-8 cm, που εμφανίζονται το Φεβρουάριο μαζί με τα φύλλα.
- **Κρόκος ο δαλματικός - *Crocus dalmaticus*:** Εξαιρετικά εύρωστο είδος, ενδημικό της Γιουγκοσλαβίας, που ανθίζει κατά τον Φεβρουάριο έως Μάρτιο και τα άνθη του έχουν μωβ χρώμα με κίτρινη βάση.
- **Κρόκος ο φλεϊσέρειος - *Crocus fleischerei*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της Μικράς Ασίας, με λευκά άνθη και κόκκινο στίγμα, που εμφανίζονται στις αρχές της Άνοιξης, προτού βγουν τα φύλλα.

- **Κρόκος ο αδριατικός - *Crocus hadriaticus*:** Συναντάται σε ορεινές περιοχές όλης της Ελλάδας και οι βολβοί του είναι εδώδιμοι.
- **Κρόκος ο ιριδανθής - *Crocus iridiflorus*:** Έχει θεραπευτικές ιδιότητες.
- **Κρόκος ο Πελοποννησιακός - *Crocus peloponnesiacus*:** Το είδος αυτό έχει σφαιρικό βολβό, διαμέτρου 14-17 cm, 4-6 φύλλα, άνθη με σωλήνα βραχύ, ωχροϊώδη. Είναι ενδημικό του όρους Μαλεβός της Λακωνίας και αποτελεί διακοσμητικό είδος.
- **Κρόκος ο Σιβέρειος - *Crocus sieben*:** Έχει σφαιρικό βολβό, φύλλα 4-6 στον αριθμό και στο ίδιο ύψος με τα άνθη. Τα άνθη του έχουν σωλήνα λευκό, βραχύ και ανθήρες πορτοκαλόχρους, που είναι δύο φορές μεγαλύτεροι απ' τα νήματα.
- **Κρόκος ο βελούχιος - *Crocus veluchensis*:** Συναντάται στα όρη της Ηπειρωτικής Ελλάδας, με στενά φύλλα, χνουδωτά στο ίδιο μήκος με τα άνθη, που είναι ιώδη με κίτρινους ανθήρες, βραχύτερους των στιγμάτων.
- **Κρόκος της Αφροδίτης - *Crocus Veneris*:** Πρόκειται για ενδημικό φυτό της Κρήτης, με σφαιρικό βολβό, 3-5 φύλλα κατά βολβό, ισοϋψή με τα άνθη και χνουδωτά. Τα άνθη είναι λευκά και 1-3 ανά βολβό με στίγματα μεγαλύτερα από τους ανθήρες. (Βαρδαβάκης, 1993)



**Εικόνα 1.6, 1.7:** *Crocus cancellatus* και *Crocus tournefortii* J. Gay (Χατζοπούλου, 2017)

Στο παρελθόν πολλά στελέχη κρόκου καλλιεργούνταν σε διάφορα μέρη της νησιωτικής Ελλάδας όπως η Κρήτη, η Θήρα, η Σύρος κ.ά. Στην ελληνική επικράτεια έχουν αναφερθεί πάνω από 18 είδη κρόκου και δίνονται στον Πίνακα 1 (Ζερλέντης, 1981).

**Πίνακας 1.1:** Στελέχη του κρόκου και περιοχές εγχώριας καλλιέργειας/αυτοφύησης

<b>Στέλεχος Κρόκου</b>	<b>Περιοχή καλλιέργειας/αυτοφύησης</b>
<i>Crocus chrysanthus</i> Herb.	Ημιορεινές περιοχές της Ελλάδας
<i>C. olivierii</i> Day	Ορεινές περιοχές της Ελλάδας
<i>C. biflorus</i> Mill.	Βόρεια Ελλάδα και των Ιόνια Νησιά
<i>C. crewii</i> Hook	Ορεινές περιοχές της Ελλάδας
<i>C. veluchensis</i> Herb.	Ορεινές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας
<i>C. sieberi</i> Day	Κρήτη, Ταΰγετος
<i>C. nivalis</i> Bory & Chaub	Αλπικές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας
<i>C. atticus</i> Orph.	Αλπικές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας
<i>C. pulchellus</i> Herb.	Βορειοδυτική Ελλάδα και Θεσσαλία
<i>C. tournefortii</i> Gay/ <i>C. boryi</i> var. <i>tournefortii</i> Baker/ <i>C. orphanidis</i> Hook	Κυκλάδες
<i>C. veneris</i> Tappein.	Κρήτη
<i>C. boryi</i> Cay	Θεσσαλία, Πελοπόννησος, Κρήτη
<i>C. sativus</i> L.	Κοζάνη
<i>C. cartwrightianus</i> Herb.	Αττική, Νησιά Αιγαίου, Κρήτη
<i>C. hadriaticus</i> Herb.	Ορεινές περιοχές της Ελλάδας
<i>C. peloponnesiacus</i> Orph	Λακωνία
<i>C. cancellatus</i> Herb.	Ορεινές περιοχές της Ελλάδας

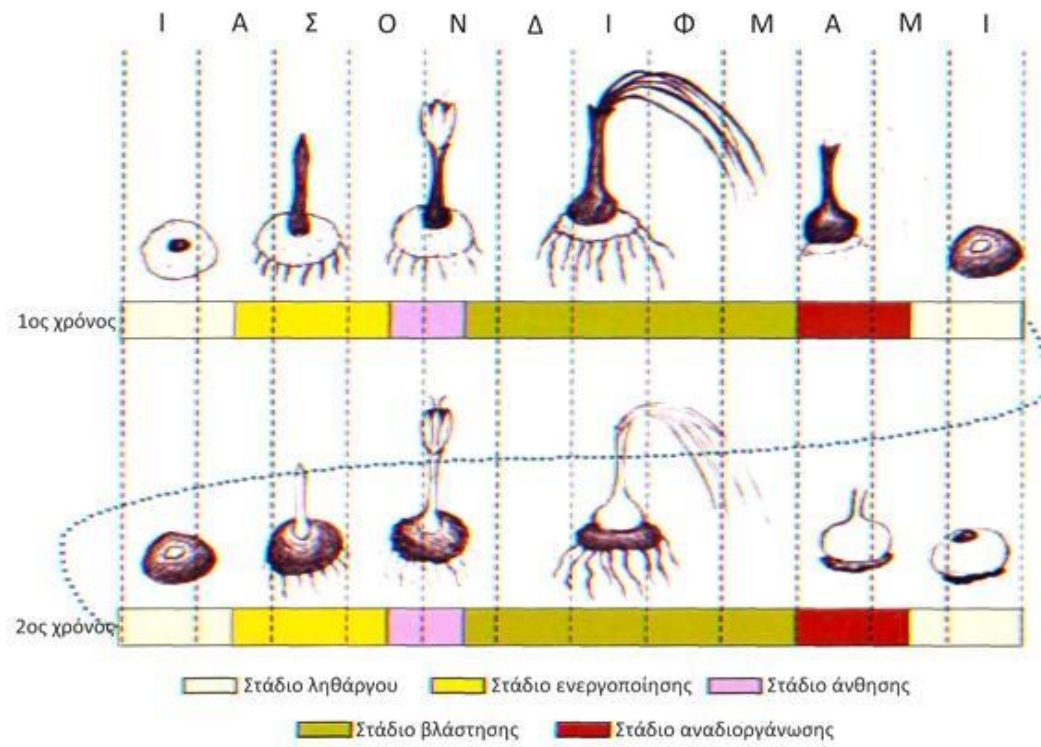
Το είδος *Crocus cartwrightianus*, το οποίο είναι γόνιμο, διπλοειδές και αυτοφύεται σε νότιες περιοχές της Ελλάδας, τις Κυκλάδες και στα βουνά της Κρήτης, ίσως είναι πρόγονος του τριπλοειδούς *Crocus sativus*.

### 1.3 Πολλαπλασιασμός

Πολλαπλασιάζεται αγενώς, μέσω των υπόγειων βλαστών που ονομάζονται κόρμοι (Κουτσός, 2006). Οι κόρμοι ή κορμίδια παράγονται κάθε χρόνο από τους παλιούς κόρμους, που περιέχουν αποθησαυριστικές ουσίες και φυτεύονται κατά τους μήνες Ιούλιο έως Αύγουστο. Τα άνθη εμφανίζονται το φθινόπωρο, κατά τον μήνα Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο του επόμενου έτους. Το φυτό μειώνει την δραστηριότητα του την άνοιξη και παραμένει αδρανές το καλοκαίρι, χωρίς να παρουσιάζει κανένα απολύτως υπέργειο όργανο ή ρίζα. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται λήθαργος, κατά την οποία πραγματοποιείται κυτταρική διαίρεση στο ακραίο μερίστωμα του βλαστού και 2-3 νέοι κόρμοι αναπτύσσονται, σε αντικατάστασή του (Carmona Delgado et al., 2006).

Η παραπάνω διαδικασία συνεχίζεται για 5 έως 8 χρόνια, και κάθε χρόνο οι κόρμοι ανυψώνονται κατά 2 περίπου cm προς την επιφάνεια του εδάφους και φτάνοντας στην τελευταία καλλιεργητική περίοδο εκριζώνονται, συνήθως Μάιο έως Ιούνιο. Από ένα στρέμμα καλής, παλιάς παραγωγικής φυτείας μπορούν να εξασφαλιστούν κόρμοι για 3-4 στρέμματα νέων φυτειών (Βαρδαβάκης και Ζουζούλας, 2001, Bown, 1995).

Η παλιά καλλιέργεια πρέπει να ακολουθείται από αμειψισπορά, κυρίως με σιτηρά. Μετά την εκρίζωσή τους οι κόρμοι απολυμαίνονται και αποθηκεύονται σε δροσερό μέρος, μέχρι να φυτευτούν (Παπανικολάου, 2005).



Εικόνα 1.8: Βλαστικός κύκλος του *Crocus sativus* L. (Carmona Delgado et al., 2006).



## 2 Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΚΡΟΚΟΥ

### 2.1 Ιστορική αναδρομή

Η απαρχή της καλλιέργειας του κρόκου δεν έχει προσδιοριστεί με απόλυτη ακρίβεια, για αυτό και υπάρχουν διάφορες σχετικές θεωρίες. Από τα μέχρι τώρα στοιχεία, φαίνεται ότι οι αρχαίοι Έλληνες ήταν αυτοί που κατάλαβαν πρώτοι τις ευεργετικές ιδιότητες του κρόκου, ενώ ακολούθησαν οι Πέρσες και οι Αιγύπτιοι (Παπαδημητρίου, 2016).

Αναφορικά με την προέλευση του φυτού, ορισμένοι υποστηρίζουν πως ο κρόκος είναι ενδημικό φυτό της Ανατολής, όπου έγινε και η πρώτη καλλιέργειά του και κατά τον 13<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα, μεταφέρθηκε στην Ευρώπη από τους σταυροφόρους. Άλλοι υποστηρίζουν πως κατάγεται από την Ελλάδα, στην οποία καλλιεργήθηκε αρχικά στα νησιά του Αιγαίου, κατά την μεσομινωική περίοδο, όπως στη Κρήτη, τη Τήνο, την Άνδρο, τη Σύρο, όπου αυτοφύεται και ήταν γνωστός ως φαρμακευτικό και βαφικό υλικό (Παπαδημητρίου, 2016). Η συγκομιδή του στη σύγχρονη εποχή είναι περιορισμένη και γίνεται σε ορισμένα νησιά, όπως η Σαντορίνη, η Τήνος, όπου υπάρχει και ομώνυμο χωριό, η Κάρπαθος η Αστυπάλαια κ.ά.

Οι τοιχογραφίες της Μινωικής εποχής ενισχύουν την άποψη της ελληνικής καταγωγής του κρόκου και πιστοποιούν τη μεγάλη χρήση του. Γνωστή είναι η τοιχογραφία των ανακτόρων της Κνωσού της 2<sup>ης</sup> χιλιετίας π.Χ. με τον γαλάζιο «κροκοσυλλέκτη» πίθηκο, που παριστάνει νεαρό ή νεαρή και κατ' άλλους πίθηκο, να μαζεύει λουλούδια κρόκου σε κόνιστρο. Επίσης χαρακτηριστική είναι και η περίφημη τοιχογραφία «κροκοσυλλέκτριες» από τη Σαντορίνη του 16<sup>ου</sup> π.Χ. αιώνα, όπου νέες με πολύχρωμες ενδυμασίες συλλέγουν κρόκους από βράχους. Οι τοιχογραφίες αυτές, καταδεικνύουν την ξεχωριστή θέση, που είχε ο κρόκος στην καθημερινότητα της εποχής εκείνης.

Άλλωστε το όνομα *Crocus* προέρχεται από την Ελληνική λέξη κρόκος, η οποία με την σειρά της προέρχεται από την Σημιτική λέξη karkom, μία από τις αρχαιότερες ονομασίες που είχαν δοθεί στο φυτό.

Επιπλέον υποστηρίζεται ότι η καλλιέργεια του φυτού διαδόθηκε στην Ανατολή, με τις εκστρατείες του Μ. Αλεξάνδρου, όπου οι Άραβες, αφού συστηματοποίησαν την καλλιέργειά του και χρησιμοποίησαν τη δρόγη του, όχι μόνο σαν μπαχαρικό, αλλά και σαν

φάρμακο, την έφεραν στην Ισπανία κατά το 960 μ.Χ. απ' όπου μεταδόθηκε και σε άλλα κράτη της Ευρώπης.

Την ιθαγένεια του κρόκου διεκδικεί και η αρχαία Μεσοποταμία. Για αιώνες ο κρόκος θεωρούνταν είδος πολυτέλειας στην Περσία, καθώς επίσης και ένα πολύτιμο είδος συναλλαγής στις χώρες της Ασίας. Εκεί, κοντά στην πόλη Σούσα, υπήρχε η πόλη Azurirano (σημαίνει λιβάδι με κρόκο) που περιτριγυριζόταν από μεγάλες εκτάσεις όπου καλλιεργούσαν το φυτό, γύρω στο 2300 π.Χ.



**Εικόνα 2.1:** Απόσπασμα τοιχογραφίας των κροκοσυλλεκτριών από το Ακρωτήρι.  
(Αρχαιολογικό Μουσείο Θήρας) (<https://el.wikipedia.org/>)



**Εικόνα 2.2:** Απόσπασμα τοιχογραφίας του κρόκου από το Ακρωτήρι.  
(Αρχαιολογικό Μουσείο Θήρας) (<http://users.sch.gr/maritheodo/history-pi>)

Από τους αρχαίους συγγραφείς, ο Αριστοτέλης καταγράφει την αφθονία του κρόκου στη Σικελία. Ο Θεόφραστος, μεταξύ άλλων, περιγράφει την ποώδη φύση, την όψιμη βλάστηση και παρατηρεί ότι το άνθος κρατάει μόνο λίγες ημέρες. Θεωρεί πολύ καλό μυρωδικό το κρόκινο μύρο και καταγράφει ότι ο άριστος κρόκος βγαίνει στην Κιλικία και στην Αίγινα. Έλληνες, Αιγύπτιοι και Ρωμαίοι έκαιγαν τον κρόκο για θυμίαμα στους θεούς, το οποίο συνεχίζεται μέχρι σήμερα στην Ινδία και στην Κίνα, όπου τα ράσα των Βουδιστών βάζονται με κρόκο.

Αδιαμφισβήτητα, είναι διαχρονική και συνεχής η χρήση του κρόκου ως βαφική ύλη σε όλη την Ανατολή, μέχρι τις δυτικές παραμεσόγειες χώρες. Κατά τους Βυζαντινούς χρόνους, χρησιμοποιούνταν συχνά ως βαφικό υλικό σε χρυσογραφίες, αγιογραφίες σε ξύλο ή τοίχους, που διασώζονται έως σήμερα. Για τους χριστιανούς, ο κρόκος είναι ένα από τα εξήντα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του Αγίου Μύρου.

Οι Άραβες, οι οποίοι είναι οι μεγαλύτεροι καταναλωτές κρόκου, τον χρησιμοποιούν για να αρωματίσουν το αρνί, το κοτόπουλο και τα φαγητά με ρύζι. Είναι απαραίτητο για τη Γαλλική bouillabaisse και το Ιταλικό risotto. Στην Ισπανία η πιο δημοφιλής χρήση του κρόκου είναι στην paella. Στην περιοχή μας ο κρόκος χρησιμοποιείται ως πρόσθετο στο τσίπουρο και έχει επεκταθεί η χρήση του και στην ελληνική κουζίνα. Οι έλληνες καταναλωτές χρησιμοποιούν τον κρόκο, κατά 65% για θεραπευτικούς σκοπούς, ενώ κατά 35% στη μαγειρική (Χατζοπούλου, 2017).

Η καλλιέργεια του κρόκου είχε παγκοσμίως φθίνουσα πορεία για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα, λόγω της αντικατάστασης του κρόκου, ως βαφική ύλη, από συνθετικές βαφές. Η στροφή όμως των καταναλωτών σε φυσικά προϊόντα τα τελευταία χρόνια, λόγω και της αύξησης του βιοτικού επιπέδου, είχε θετική επίδραση στην καλλιέργεια του κρόκου. Επιπρόσθετα, η συνεχής έρευνα και η προβολή των ευεργετικών ιδιοτήτων του στην υγεία σε πολλαπλό επίπεδο, έδωσε ώθηση στην εδραίωση του προϊόντος, στην σύγχρονη καταναλωτική αγορά.

Πρωτεύουσα παραγωγής του «σαφράν» θεωρείται το Ιράν, που αντιστοιχεί περίπου στο 90% της συνολικής ετήσιας παραγωγής. Οι διεθνείς κυρώσεις, που εφαρμόζονται από τον ΟΗΕ για το πυρηνικό πρόγραμμα της χώρας, έχουν μπλοκάρει την εξαγωγή του κρόκου στις προσοδοφόρες αγορές της Ευρώπης, των ΗΠΑ και του Καναδά. Ωστόσο, ο ιρανικός προέλευσης κρόκος, εξάγεται από μεσάζοντες χώρες, όπως τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Στην ΕΕ η άνοδος του βιοτικού επιπέδου και κατά συνέπεια, η άνοδος του κόστους της χειρωνακτικής εργασίας, συντέλεσε στη μείωση της παραγωγής στις Μεσογειακές χώρες. Παρά όμως την πτώση της ευρωπαϊκής παραγωγής του κρόκου, η παγκόσμια αγορά ελέγχεται από ευρωπαϊκές επιχειρήσεις, που κατέχουν την τεχνογνωσία στην επεξεργασία και μεταποίηση του κρόκου με ανώτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Το 80% - 90% της παγκόσμιας αγοράς ελέγχεται από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, διαμορφώνοντας ένα ιδιαίτερος ανταγωνιστικό περιβάλλον (Χατζοπούλου, 2017).

Η Ισπανία, ως τις αρχές της δεκαετίας του 1980, διαμόρφωνε το μονοπώλιο στη διεθνή αγορά του κρόκου, ελέγχοντας πάνω από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής, μολονότι η εγχώρια παραγωγή κρόκου υπολογιζόταν στο 52%. Κατά την προαναφερόμενη δεκαετία, υπολογίζεται ότι η Ινδία παρήγαγε το 21.2% και η Ελλάδα το 13.2%, ενώ η Ιταλία το 7.5% και η Γαλλία το 6.1% της συνολικής παραγωγής κρόκου (Ordoudi & Tsimidou, 2004).

Σε παγκόσμια κλίμακα, το φυτό *Crocus sativus* L. καλλιεργείται στην κεντρική και νότια Ευρώπη, Νότιο Αφρική, Μέση Ανατολή και κεντρική Ασία, σε χώρες όπως Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία Γαλλία, Αζερμπαϊτζάν, Μαρόκο, Ινδία, Ιράν, ενώ αυξητικές τάσεις στην καλλιέργεια και παραγωγή του κρόκου παρουσιάζουν η Κίνα, το Ισραήλ η Αίγυπτος, η Τουρκία, το Μεξικό, η Γαλλία και η Ιαπωνία. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2.3) παρουσιάζονται οι χώρες καλλιέργειας του κρόκου διεθνώς (Καρασταμάτη, 2014).

Η πρώτη κροπαραγωγική χώρα παγκοσμίως είναι το Ιράν, στην δεύτερη θέση βρίσκεται η Ισπανία, ακολουθεί η Ινδία, ενώ η Ελλάδα καταλαμβάνει την τέταρτη θέση. Συγκεκριμένα το Ιράν κατέχει το 85% της συνολικής παραγωγής, η Ινδία περίπου το 3.20% και η Ισπανία το 1.20% (Παπαδοπούλου, 2019).



**Εικόνα 2.3:** Χώρες καλλιέργειας κρόκου (Καρασταμάτη, 2014)

## **2.2 Η καλλιέργεια του κρόκου στην περιοχή της Κοζάνης**

Η ιστορία του φυτού στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας ξεκινά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, με την μεταφορά του φυτού από την Αυστρία. Η εξαγωγική πολιτική του κρόκου είχε ως

αποτέλεσμα τη διοχέτευση του προϊόντος σε αγορές όπως η Ισπανία, η Γαλλία, η Ιταλία, η Γερμανία, η Ελβετία, η Σουηδία, οι Η.Π.Α., ο Καναδάς κ.α., με το προϊόν να προσφέρεται σε δύο τύπους, είτε σε μορφή ολόκληρων νημάτων, είτε σε μορφή σκόνης και κάθε χρόνο να εξάγονται όλο και περισσότερες ποσότητες, παρόλο τον ανταγωνισμό που υφίσταται από το Ιρακινό saffron. Η ετήσια παραγωγή κατά τα τελευταία χρόνια ήταν γύρω στους 5,7 τόνους κόκκινου και 1,5-2,5 τόνους κίτρινου κρόκου (Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, 2017).

Ειδικότερα, το επίκεντρο της καλλιέργειας κρόκου είναι το ομώνυμο χωριό Κρόκος, που ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Κοζάνης. Κατά μέσο όρο, η συνολική καλλιεργούμενη έκταση είναι 3.032 στρέμματα την τελευταία δεκαετία (Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, 2017). Η περιοχή έχει υψόμετρο 602 μέτρα, βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40,26 και γεωγραφικό μήκος 21,81. Εκτός από το ομώνυμο χωριό της Κοζάνης, επιπλέον 37 χωριά καλλιεργούν κατ' αποκλειστικότητα το φυτό κρόκος και παράγουν κατά μέσο όρο 6-8 τόνους αποξηραμένων στιγμάτων ετησίως, όπως η Καρυδίτσα, η Άνω Κώμη, η Αγία Παρασκευή, η Αιανή, το Καπνοχώρι, η Κοιλιάδα, κ.ά., όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2.4).



**Εικόνα 2.4:** Το χωριό Κρόκος στην περιοχή Κοζάνης (Παπαδημητρίου, 2016)

Κατά την οθωμανική κατοχή της χώρας, η παραγωγή του κρόκου στην περιοχή της Κοζάνης, κυμαίνεται σε μηδαμινά επίπεδα. Η έκταση της καλλιέργειας κρόκου ανερχόταν πάνω από 1.000 στρέμματα, αλλά η έλλειψη των απαραίτητων υποδομών και κεφαλαίων εμπόδιζαν την ανάπτυξη της παραγωγής. Η υποτυπώδης παραγωγή της εποχής εκείνης πωλούνταν σε εξευτελιστικές τιμές, σε σχέση με την αξία του προϊόντος. Η επίσημη αναγνώριση του ελληνικού κρόκου ήρθε το 1915, όπου του απονεμήθηκε μετάλλιο τιμής στη διεθνή έκθεση του Αγίου Φραγκίσκου (Παπανικολάου, 1997).

Τη δεκαετία του 1930-1940, κατασκευάζεται η πρώτη μηχανή καθαρισμού και τυποποίησης, με αποτέλεσμα την αύξηση των εξαγωγών του φυτού και την επίτευξη υψηλότερου δείκτη ποιότητας. Τη δεκαετία αυτή γίνεται και η πρώτη προσπάθεια ίδρυσης συνεταιρισμού κροκοπαραγωγών.

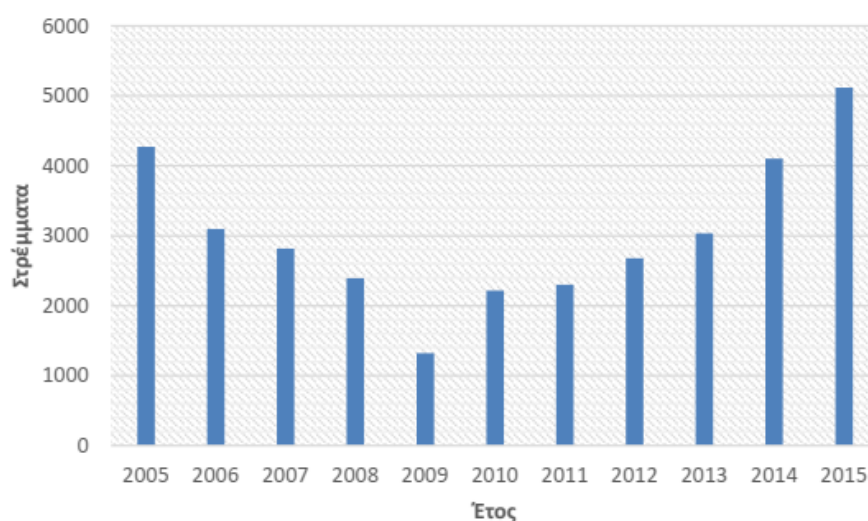
Τη δεκαετία του 1940-1950, λόγω του δεύτερου παγκόσμιου πολέμου, η καλλιέργεια του κρόκου μειώνεται δραματικά και απειλείται με εξαφάνιση τόσο η κροκοπαραγωγή όσο και η εξαγωγή του προϊόντος. Με το πέρας του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου οι παραγωγοί ασχολούνται ξανά με τον κρόκο και αρχίζει η εξαγωγή του προϊόντος. Μετά από κάποια χρόνια όμως, παρατηρείται το φαινόμενο της νοθείας του προϊόντος, καθώς εισβάλουν ξένοι βολβοί και η υγιής ανάπτυξη και εμπορία του προϊόντος απασχολεί λιγότερο τους καλλιεργητές, με αποτέλεσμα τη μείωση των εξαγωγών.

Έτσι γίνονται προσπάθειες ανάπτυξης ενός συνεταιρισμού και το 1971 ιδρύεται ο Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, με τη συνολική ευθύνη συγκέντρωσης, επεξεργασίας, τυποποίησης και διάθεσης του προϊόντος, με σκοπό την εξασφάλιση της ποιότητάς του και την αποφυγή της νοθείας του, που είχε ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση και την αρνητική εικόνα του στην αγορά, καθιστώντας την καλλιέργεια κρόκου ως την πλέον δυναμική για την περιοχή (Δοδόπουλος, 1976). Στον Κανονισμό του Συμβουλίου της ΕΟΚ με αρ. 2081/92, ο κρόκος του Νομού Κοζάνης βρίσκεται πλέον στο «μητρώο των προστατευόμενων ονομασιών προελεύσεως και των προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων» (Χατζοπούλου, 2017).

Η παραγωγή του κρόκου αποτελεί σημείο αναφοράς για την αγροτική οικονομία, καθώς εξασφαλίζει κάθε χρόνο, αφενός εισροή συναλλάγματος, εκατοντάδες θέσεις εργασίας σε αγροτικές οικογένειες αφετέρου. Παράλληλα κρατά ζωντανή, την τοπική οικονομία και συγκρατεί τα ποσοστά ανεργίας σε μια περιοχή που παρουσιάζει ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστά ανεργίας σε ολόκληρη την επικράτεια. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Αναγκαστικού Συνεταιρισμού Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, περίπου 1.500 αγροτικές οικογένειες απασχολούνται μόνο στο πρωτογενές στάδιο της παραγωγής του κρόκου, ενώ αδιευκρίνιστος παραμένει ο αριθμός του εργατικού δυναμικού που απασχολείται στα στάδια διάθεσης και μεταποίησης του κρόκου. Σύμφωνα με τις ίδιες πηγές, η κατά μέσο όρο στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας φτάνει τα 600€ και μάλιστα σε εκτάσεις που χαρακτηρίζονται ως άγονες ή χαμηλής απόδοσης. Για παράδειγμα, η στρεμματική απόδοση καλλιέργειας σιτηρών φτάνει στην καλύτερη των περιπτώσεων τα 70€. Τα υψηλά

κέρδη και η διαμόρφωση ενός ικανοποιητικού οικογενειακού εισοδήματος συμβάλλουν στην συγκράτηση πληθυσμών σε επαρχιακές περιοχές, αλλά και στα κέρδη της ελληνικής οικονομίας, μέσω της αύξησης της προστιθέμενης αξίας υπαρχόντων προϊόντων με την χρήση του κρόκου ως ενισχυτικό θρεπτικής αξίας.

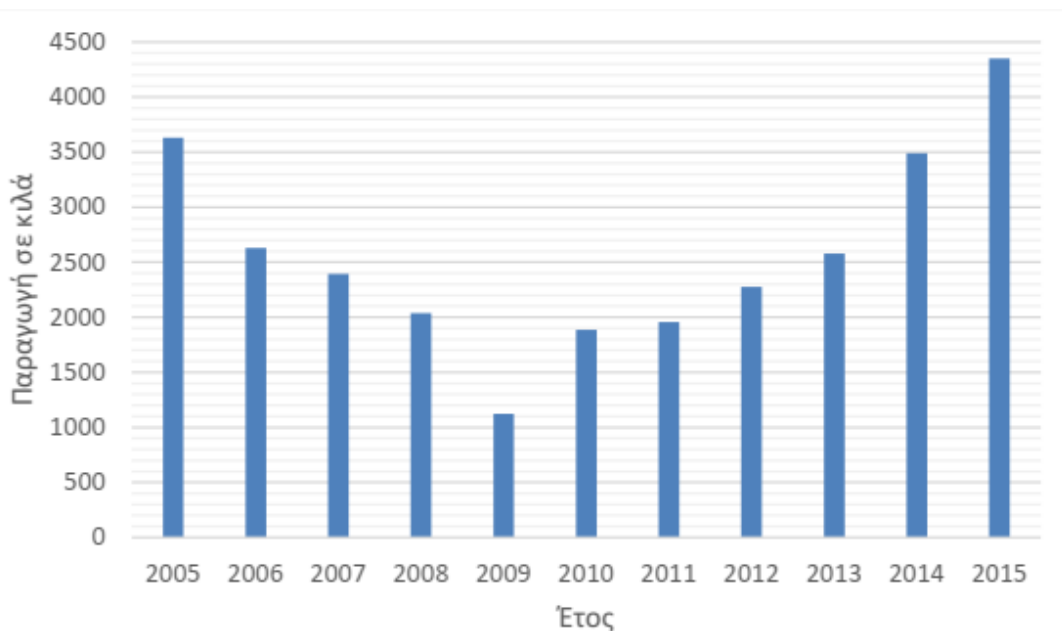
Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις του κρόκου παρουσιάζουν σημαντικές αυξομειώσεις από την εποχή της ίδρυσης του Αναγκαστικού Συνεταιρισμού Κροκοπαραγωγών Κοζάνης το 1971. Σύμφωνα με πρώτα στοιχεία του συνεταιρισμού, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις το 1971 ήταν 2.700 στρέμματα. Το 2015 τα στρέμματα καλλιέργειας κρόκου ξεπέρασαν τα 5.000 στρέμματα, ενώ το 1982 παρουσιάζεται το ιστορικό υψηλό με την συνολική έκταση να φτάνει τα 17.300 στρέμματα. Έκτοτε, παρουσιάζεται μια κάμψη και, όπως φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 2.5), οι καλλιεργούμενες εκτάσεις το 2005 ήταν 4.274 στρέμματα, με μια κατακόρυφη πτώση το 2009, καθώς η έκταση μειώνεται κατά 70%, φτάνοντας σε ιστορικό χαμηλό από το 1971. Από το 2010 και μέχρι σήμερα παρατηρείται σημαντική αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, καθώς σύμφωνα με τον απολογισμό του 2015 τα συνολικά στρέμματα ξεπέρασαν τα 5.000.



**Εικόνα 2.5:** Καλλιεργούμενες εκτάσεις σε στρέμματα κρόκου Κοζάνης από το 2005 έως το 2015 (Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, 2017)

Η παραγωγή του κρόκου Κοζάνης εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες. Βασικός παράγοντας είναι οι καιρικές συνθήκες, αλλά και ο καλλιεργητικός κύκλος της έκτασης. Πιο συγκεκριμένα κατά το πρώτο έτος από την φύτευση των βολβών, η απόδοση ανά στρέμμα φτάνει τα 200 γραμμάρια, ενώ κατά το τρίτο, τέταρτο, πέμπτο και έκτο έτος

φθάνει τα 1,3 κιλά. Σύμφωνα με τα στοιχεία που παραχωρήθηκαν από τον ΑΣΚΚ, η μέση απόδοση είναι 0,85 κιλά ανά στρέμμα με την απόδοση να αυξομειώνεται, ανάλογα των κλιματικών συνθηκών. Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 2.6), απεικονίζεται η παραγωγή σε κιλά την δεκαετία 2005-2015.



**Εικόνα 2.6:** Παραγωγή κρόκου Κοζάνης από το 2005 έως το 2015 (Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, 2017)

Όπως φαίνεται από τα στοιχεία του ΑΣΚΚ, η παραγωγικότητα είναι ευθέως ανάλογη των καλλιεργούμενων εκτάσεων, ενώ δεν υπάρχει σημαντική μείωση της παραγωγής εξαιτίας των καιρικών συνθηκών, καθότι την δεκαετία αναφοράς οι κλιματικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από σταθερότητα (Χατζοπούλου, 2017).

### **2.3 Η προετοιμασία του εδάφους και φύτευση**

Η προετοιμασία του εδάφους για την καλλιέργεια του κρόκου περιλαμβάνει τις καλλιεργητικές πρακτικές μιας συνηθισμένης πολυετούς καλλιέργειας. Οι παραγωγοί κατά κανόνα καλλιεργούν κρόκο σε εκτάσεις όπου καλλιεργούνται ταυτόχρονα και σιτηρά. Έτσι, η προπαρασκευή αρχίζει μετά τον θερισμό, με την απαραίτητη απολύμανση του χωραφιού και του σπόρου.



Για να θεωρηθεί κατάλληλο το έδαφος, ώστε να φυτευτούν οι βολβοί του κρόκου θα πρέπει να εξασφαλιστεί η κατάλληλη μηχανική επεξεργασία του εδάφους. Απαιτείται βαθύ σκάψιμο, συνήθως 25-35 cm, για να επιτευχθεί εύκαμπτο έδαφος και χαλαρό. Ο αγρός θα πρέπει να οργωθεί τρεις τουλάχιστον φορές σταυροειδώς, έτσι ώστε το όργωμα να είναι βαθύ και αποτελεσματικό, αλλά και το χώμα να γίνει κατάλληλο για τη φύτευση των βολβών. Το έδαφος καθαρίζεται από τα ζιζάνια, τις πέτρες και ότι άλλο μπορεί να εμποδίσει την ευνοϊκή ανάπτυξη του φυτού και να βλάψει την μηχανική σύσταση του εδάφους (Παπανικολάου, 2005).

Οι βολβοί τοποθετούνται σε βάθος 20-25cm, ώστε να διευκολυνθούν παράλληλες αγροτικές εργασίες όπως το όργωμα και το φρεζάρισμα, αλλά και να διατηρηθούν περισσότερα χρόνια στο ίδιο χωράφι. Η φύτευση των βολβών κρόκου είναι μια χρονοβόρος διαδικασία που διαρκεί από τα τέλη της άνοιξης και μπορεί να συνεχιστεί έως το Σεπτέμβριο. Ωστόσο ως ενδεδειγμένη περίοδος φύτευσης των βολβών του κρόκου θεωρείται ο Μάιος, ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή ανθοφορία πριν την πτώση των θερμοκρασιών, που παρατηρούνται μετά τον Οκτώβριο. Αν ο κρόκος φυτευτεί Μάιο-Ιούνιο η παραγωγή είναι ικανοποιητική από τον πρώτο χρόνο. Στην περίπτωση που φυτευτεί Αύγουστο-Σεπτέμβριο ο κρόκος δεν προλαβαίνει ν' ανθίσει ή ανθίζει αργά και σε πολύ μικρό ποσοστό.

Σε κάθε αυλάκι που ανοίγεται τοποθετούνται οι κόρμοι σε απόσταση 10-12 cm μεταξύ τους και 20-25 cm μεταξύ των γραμμών. Η φύτευσή τους μπορεί να γίνει είτε χειρωνακτικά, είτε με ειδική φυτευτική μηχανή, κατασκευασμένη από τους ίδιους τους κροκοκαλλιεργητές της περιοχής και είναι περισσότερο διαδεδομένη σήμερα σαν σύστημα φύτευσης. Οι κόρμοι τοποθετούνται με τη ρίζα προς τα κάτω και αμέσως μετά ακολουθεί σβάρνισμα για την ισοπέδωση του χωραφιού.

Οι αρχικοί κόρμοι πολλαπλασιάζονται και για το λόγο αυτό οι καλλιέργειες ανανεώνονται κάθε 7-8 χρόνια, όταν το φυτό αρχίζει να χάνει την παραγωγική του ικανότητα, εξασφαλίζοντας τις νέες κροκοφυτείες. Για την φύτευση ενός στρέμματος κρόκου απαιτούνται 35.000 - 45.000 κόρμοι ή 250-350 κιλά βολβών. Σε άλλες χώρες, όπως στην Γαλλία, Αγγλία, Ιαπωνία, Ινδία και Ισπανία η εξαγωγή των κόρμων γίνεται ανά τριετία ή τετραετία (Παπανικολάου, 1997). Οι κόρμοι που πρόκειται να φυτευτούν καθαρίζονται από το εξωτερικό δικτυωτό περίβλημά τους και διαλέγονται από τους άρρωστους, προβληματικούς και τους πολύ μικρούς που δεν φυτεύονται (Παπανικολάου, 2005).

## 2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες

Ο κρόκος είναι ξηρικό φυτό και δεν έχει ανάγκη από πότισμα. Σε περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων, νωρίς τον Αύγουστο, τότε αντί να βγουν πρώτα τα άνθη, βγαίνουν πρώτα τα φύλλα τα οποία δυσχεραίνουν τη συλλογή. Οι πολλές βροχές δεν ωφελούν, απεναντίας βλάπτουν το φυτό, αλλά και το άνθος. Σε ορισμένες όμως περιόδους, κυρίως το μήνα Μάιο, το νερό θεωρείται εντελώς απαραίτητο, για το δυνάμωμα των κόρμων και κατά την περίοδο πριν την ανθοφορία, για την ποσοτική και ποιοτική βελτίωση της παραγωγής (Ζυμάρα, 2016).

Μετά τη φύτευση των κόρμων δεν απαιτούνται ιδιαίτερες φροντίδες στο χωράφι, παρά μόνο στην περίπτωση, που η επιφάνεια του χωραφιού «ταρατσώσει», οπότε χρειάζεται ένα ελαφρύ φρεζάρισμα για το σπάσιμο της κρούστας.

Το καλοκαίρι όπου ο κρόκος βρίσκεται σε λήθαργο, απομακρύνονται τα ζιζάνια και ακολουθεί ένα φρεζάρισμα σε μικρό βάθος, περίπου 8-10 cm. Καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού γίνεται άλλο ένα ή δύο φρεζαρίσματα, ενώ το τελευταίο φρεζάρισμα γίνεται από τα τέλη Αυγούστου έως αρχές Σεπτεμβρίου και ακολουθεί ο εμπλουτισμός του εδάφους με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ορθή και αποδοτική ανάπτυξη των βολβών.

## 2.5 Συγκομιδή

Το σημαντικότερο στάδιο της παραγωγής του κρόκου είναι η συλλογή των άνθεων. Η περίοδος της ανθοφορίας ξεκινά τον Οκτώβριο και διαρκεί περίπου τρεις βδομάδες, Την ίδια διάρκεια έχει η διαδικασία της συγκομιδής, που πραγματοποιείται σε ολόημερη βάση. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για την συλλογή 1kg σαφράν, των στιγμάτων δηλαδή του κρόκου, απαιτούνται κατά προσέγγιση 200.000 άνθη και 500 ώρες χειρωνακτικής εργασίας, εξαιρετικά κοπιαστικής και χρονοβόρας, αφού αρχίζει τις πρώτες πρωινές ώρες, λίγο μετά την ανατολή του ηλίου, όταν τα άνθη είναι ακόμα κλειστά και τελειώνει με τη δύση του ηλίου, με σκοπό να ελαχιστοποιήσει τον μαρασμό των λουλουδιών, γεγονός που

συμβάλλει άμεσα στην αύξηση του κόστους του τελικού προϊόντος. (Alonso et al., 2012, Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, 2010).

Προτεινόμενες μέθοδοι μηχανικής συλλογής των άνθων στο παρελθόν, είχαν σαν αποτέλεσμα την πρόσμιξη των συλλεγόμενων άνθων με χώμα. Για τον λόγο αυτό, η συλλογή του κρόκου γίνεται χειρωνακτικά, με μεγάλη προσοχή και δεξιοτεχνία, ώστε να μην κινδυνεύουν από τραυματισμό τα άνθη.



**Εικόνα 2.7, 2.8:** Συλλογή ανθέων και διαχωρισμός στιγμάτων με το χέρι (Καρασταμάτη, 2014)

Αμέσως μετά τη διαδικασία συλλογής των άνθων, αρχίζει η επεξεργασία του κρόκου, μια διεργασία εξίσου επίπονη και κουραστική, που περιλαμβάνει τα παρακάτω απαιτούμενα στάδια, για να καταστεί ο κρόκος έτοιμος για συσκευασία και πώληση::

- Η διαλογή των στιγμάτων (στημόνων)
- Ο διαχωρισμός των στιγμάτων (στημόνων)
- Η ξήρανση του κρόκου

Αναλυτικότερα η διαλογή των στιγμάτων γίνεται κατά κανόνα νυχτερινές ώρες, αμέσως μετά την συγκομιδή του. Η έγκαιρη διαλογή παίζει καθοριστικό ρόλο, καθώς η καθυστέρησή της, οδηγεί σε μαρασμό των άνθων, καθιστώντας την διαλογή πιο δύσκολη, αν όχι αδύνατη, με παράλληλη μείωση της έντασης του χρώματος των στημόνων και κατ'επέκταση την υποβάθμιση του τελικού προϊόντος.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο διαχωρισμός των στημόνων, που περιλαμβάνει την εξαγωγή όλων των ανεπιθύμητων προσμίξεων, όπως χώμα, πέτρες και φύλλα, καθώς και το ξεχώρισμα του κόκκινου κρόκου από τον κίτρινο.

Η ξήρανση των στιγμάτων είναι η πιο βασική και λεπτή εργασία και απαιτεί πείρα, μεγάλη προσοχή και τέχνη, ώστε ο κρόκος να διατηρήσει αναλλοίωτες τις χαρακτηριστικές του ιδιότητες, όπως η χρωστική του δύναμη και το άρωμά του, αλλά και να μην υποβαθμιστεί η ποιότητά του. Η ξήρανση γίνεται με την τοποθέτηση των νωπών στιγμάτων σε τελάρα με δικτυωτή συρμάτινη ή μεταξωτή βάση, σε ευάερους χώρους ελεγχόμενης θερμοκρασίας, με την παροχή θερμού αέρα, ή με τη χρήση ειδικών ξηραντήρων, για αποτελεσματικότερη ξήρανση. Η μηχανική ξήρανση διαρκεί 3 έως 4 ώρες, μέχρι τη σταθεροποίηση του βάρους. Ακολουθεί ένας επιπλέον καθαρισμός, για την απομάκρυνση των ξένων υλών, συμπεριλαμβανομένων και των κίτρινων στιγμάτων, που μπορεί να διαρκέσει έως δύο μήνες. Το καθαρισμένο άρτυμα παραδίδεται στον Αναγκαστικό Συνεταιρισμό Κροκοπαραγωγών, που αναλαμβάνει την τυποποίηση, αποθήκευση και εμπορία του προϊόντος.

## **2.6 Εδαφοκλιματικές ανάγκες**

Ο κρόκος ευδοκιμεί σε πολύ διαφορετικά κλίματα, από Ινδία και Κασμίρ έως τη Β. Αφρική και το ηπειρωτικό κλίμα της Κοζάνης, ενώ αναπτύσσεται σ' ένα ευρύ φάσμα εδαφών. Γενικότερα θεωρείται μια εύκολη καλλιέργεια και αυτός είναι ο λόγος της εξάπλωσης και διάδοσής του, για πολλές χιλιετίες σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ειδικότερα, ο *Crocus sativus L.* δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητικός σε κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες και προσαρμόζεται ικανοποιητικά σε περιοχές με ψυχρούς χειμώνες και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια. Ευδοκιμεί και αποδίδει καλύτερα σε εύθρυπτα αργιλλοασβεστούχα και καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη, με διαπερατή υφή, ώστε να επιτρέπεται η καλή και εύκολη διείδυση των ριζών. Τα συμπαγή, υγρά και αργιλώδη εδάφη δυσχεραίνουν την αναπαραγωγή των κόρμων και συμβάλουν στο σάπισμά τους, γι' αυτό πρέπει να αποφεύγονται.

Το φυτό αναπτύσσεται καλά και σε φτωχά εδάφη, όπου τα χαρακτηριστικά δεν είναι και τόσο ευνοϊκά. Ωστόσο, μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα υπάρχει σε ένα γόνιμο έδαφος (White, 2009). Στη Δυτική Μακεδονία το καλλιεργούμενο έδαφος είναι ήπιο, αμμώδες, ελαφρά ασβεστούχο και αλκαλικό, ξηρό και με ελαφρά κλίση του εδάφους (Ζυμάρα, 2016).

Όξινα ή με υψηλό Ph ασβεστώδη εδάφη είναι ακατάλληλα για την καλλιέργεια του κρόκου, επομένως το pH πρέπει να κυμαίνεται από ουδέτερο (pH=7) έως ελαφρά αλκαλικό (pH=7,5).

Το έδαφος δεν απαιτείται να περιλαμβάνει πλήθος θρεπτικών στοιχείων, καθώς τα θρεπτικά στοιχεία αυξάνονται με την συνεχή καλλιέργεια του κρόκου και η υπεραύξηση μπορεί να καταστεί αποτρεπτική για την καλλιέργεια.

Το ιδανικό κλίμα για την ποιότητα του κρόκου είναι το ήπιο προς ξηρό. Στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην περιοχή της Κοζάνης, οι κλιματολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από υγρό και ψυχρό χειμώνα αλλά και θερμό, ξηρό καλοκαίρι, που ευνοούν την καλλιέργεια του κρόκου, αφού αυτός καθίσταται ανθεκτικός στην ξηρασία, στις υψηλές, αλλά και στις χαμηλές θερμοκρασίες αρκεί να μην είναι χαμηλότερες των 10°C. Το ήπιο κλίμα, οι επαρκείς βροχοπτώσεις και το καλοδουλεμένο έδαφος αποτελούν τους καθοριστικούς παράγοντες για μια επιτυχημένη κροκοφυτεία. Αντίθετα, ο παγετός και οι έντονες βροχοπτώσεις κρίνονται καταστροφικές για την ποιότητα και την εξέλιξη της παραγωγής.

Η ανοιξιάτικη βροχή θεωρείται ευνοϊκός παράγοντας για την ανάπτυξη των βολβών, καθώς και την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση της παραγωγής, ενώ η βροχόπτωση πριν την άνθιση συντελεί στην υψηλή παραγωγή ανθών. Ο κρόκος είναι εκλεκτικός ως προς το κλίμα την εποχή της ανθοφορίας, καθώς στο διάστημα αυτό, δεν χρειάζονται οι βροχές, αλλά ούτε και οι ηλιόλουστες ημέρες, με υψηλή θερμοκρασία. Οι καλύτερες θερμοκρασίες την εποχή της ανθοφορίας είναι 10 με 15°C.

Η σχετική υγρασία και το ύψος της βροχόπτωσης επηρεάζουν την παραγωγικότητα, καθώς μεγάλα επίπεδα βροχόπτωσης οδηγούν σε μείωση της παραγωγικότητας, αντίθετα, η θερμοκρασία δεν σχετίζεται με την στρεμματική απόδοση.

Οι καιρικές συνθήκες παίζουν σπουδαίο ρόλο στις συγκεντρώσεις των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών, αλλά σε καμία περίπτωση δεν τις καθορίζουν. Ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρόκου, έχει αναφερθεί ότι η συγκέντρωση της σαφρανάλης, το κύριο συστατικό του αιθέριου ελαίου του κρόκου, επηρεάζεται περισσότερο από την μέση θερμοκρασία και το ύψος της βροχόπτωσης κατά την συγκομιδή. Συγκεκριμένα αυξάνεται με άνοδο του πρώτου και πτώση του δεύτερου κλιματικού παράγοντα αντίστοιχα. Όσον αφορά την χρωστική δύναμη του saffron, που οφείλεται στις κρόκινες, φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από το ύψος της βροχόπτωσης και λιγότερο από την σχετική υγρασία κατά την συγκομιδή. Επίσης, τα υψηλά ποσοστά βροχόπτωσης και υγρασίας μειώνουν την συγκέντρωση της πικροκροκίνης, ουσία που προσδίδει στο μπαχαρικό πικρή γεύση, ενώ αντίθετα υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την συγκέντρωσή της (Σταμπόλη, 2011).



**Εικόνα 2.9:** Αγρός με κρόκο στη Δυτική Μακεδονία. (Ζυμάρα, 2016).

## 2.7 Η λίπανση

Η λίπανση, φυσική ή χημική προσφέρει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ορθή και αποδοτική ανάπτυξη των βολβών. Για τον λόγο αυτό, στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του εδάφους, πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός του εδάφους με φωσφορικά και αζωτούχα λιπάσματα. Η λίπανση μπορεί να είναι ανόργανη για συμβατικές καλλιέργειες ή οργανική για τις βιολογικές (Παπανικολάου, 2005).

Οι καλλιεργητές, που ακολουθούν πρακτικές συμβατικής καλλιέργειας, λιπαίνουν τα χωράφια τους έως και τρεις φορές τον χρόνο. Κατά το πρώτο στάδιο της λίπανσης, που πραγματοποιείται μετά την φύτευση του κρόκου τον Σεπτέμβριο, γίνεται χρήση φωσφορικής αμμωνίας, έως 40 κιλά ανά στρέμμα. Ακολουθεί το δεύτερο στάδιο της χημικής λίπανσης με ίδια ποσότητα φωσφορικής αμμωνίας κατά τους χειμερινούς μήνες, από Δεκέμβριο έως Ιανουάριο. Οι παραπάνω απαιτήσεις καλύπτονται με την χρήση λιπάσματος τύπου 3-4-4, κατά τον πρώτο και δεύτερο χρόνο της καλλιέργειας.. Συχνά η χημική λίπανση παύει να εφαρμόζεται μετά το τρίτο έτος. Απαραίτητη κρίνεται η επιφανειακή λίπανση κατά τους πρώτους ανοιξιάτικους μήνες, που εφαρμόζεται τον Φεβρουάριο με Μάρτιο, καθώς οι ανάγκες του κρόκου σε θρεπτικά συστατικά αυξάνονται. Το λίπασμα που προστίθεται στο χωράφι είναι τύπου 4-4-4.

Για την ενίσχυση των καλλιεργούμενων εκτάσεων με άζωτο ενδείκνυται η χρήση είτε φυτικής, είτε ζωικής προέλευσης λιπασμάτων. Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία είναι ελάχιστες και καλύπτονται εύκολα με εφαρμογή μέτριας οργανικής λίπανσης.

Στις οργανικές λιπάνσεις συμπεριλαμβάνονται και οι χωνεμένες κοπριές των κατοικίδιων ζώων και πτηνών, που χρησιμοποιούνται τόσο στις συμβατικές όσο και στις βιολογικές καλλιέργειες. Ειδικότερα, γίνεται εφαρμογή κοπριάς των 15.000-20.000 kg/εκτάριο, κατά τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο. Η μέση περιεκτικότητα μιας καλά διατηρημένης και χωνεμένης κοπριάς, στα τρία βασικά θρεπτικά στοιχεία N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και K<sub>2</sub>O, είναι του τύπου 5-3-4. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο φώσφορος όλων των κοπριών είναι πολύ πιο αφομοιώσιμος από το φώσφορο των ανόργανων λιπασμάτων. Κοντά σε αυτές τις αναλογίες βρίσκονται και οι κοπριές των αιγοπροβάτων, ενώ των πουλερικών περιέχουν μεγαλύτερες αναλογίες φωσφόρου. Ο P είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη πλούσιου ριζικού συστήματος και την σκλήρυνση των ιστών. Οι κοπριές μπορεί να σκορπιστούν το χειμώνα και η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος μπορεί να γίνει την άνοιξη, λίγο καιρό πριν τη φύτευση ή τη σπορά, με καλλιεργητή ή φρεζάρισμα (Ζυμαρα, 2016).

Στην πλειοψηφία τους, οι καλλιεργητές κρόκου αποφεύγουν τη λίπανση των χωραφιών τους με χημικά λιπάσματα, καθώς ακολουθούν πρακτικές βιολογικής καλλιέργειας όπου και η χημική λίπανση απαγορεύεται ρητά από το πρόγραμμα ελέγχου βιολογικών προϊόντων. Για τον λόγο αυτό, προτιμάται η χρήση ζωικής ή και φυτικής προέλευσης λιπασμάτων (Χατζοπούλου, 2017).

### **3 Η ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΡΟΚΟΥ**

#### **3.1 Χημικά συστατικά του φυτού**

Είναι γνωστό ότι κάθε φυτό παράγει διάφορες οργανικές ουσίες, από τις οποίες, άλλες συμβάλλουν ως δομικά συστατικά, ορισμένες άλλες συμβάλλουν στην αύξηση και ανάπτυξη του φυτού και άλλες που καθορίζουν τις σχέσεις αυτού με το περιβάλλον.

Η πρώτη περίπτωση αφορά στους πρωτογενείς μεταβολίτες, όπως η χλωροφύλλη, οι πρωτεΐνες, τα αμινοξέα και τα σάκχαρα, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στους δευτερογενείς μεταβολίτες, που είναι ενώσεις που ανήκουν σε εξαιρετικά διαφοροποιημένες χημικές ομάδες, όπως οργανικά οξέα, αρωματικές ενώσεις, αιθέρια έλαια, χρωστικές ουσίες, φυτορμόνες κ. α. Η δράση τους στα φυτά συνήθως σχετίζεται με την ρύθμιση του μεταβολισμού, της αύξησης, την απόδοση του αρώματος και του χρωματισμού τμημάτων του φυτού, αλλά και την προστασία έναντι παθογόνων οργανισμών.

Στις χρωστικές ουσίες, συγκαταλέγονται τα ερυθρού ή κίτρινου χρώματος καροτενοειδή, που είναι λιποδιαλυτές ουσίες και βρίσκονται στα πλαστίδια των κυττάρων και τα φλαβονοειδή (Winterhalter et al., 2000). Τα αιθέρια έλαια περιέχουν τερπενικούς υδρογονάνθρακες, ιζαφορόνη, αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, εστέρες, φαινόλες καθώς και άλλα συστατικά. Οι εστέρες είναι που συμβάλλουν περισσότερο στο άρωμά τους. Μετά από έκθεση μεγάλης διάρκειας στο φως και στον αέρα, οξειδώνονται και αποκτούν δυσάρεστη οσμή. Επίσης, συμβάλλουν στην προσέλκυση επικονιαστών, στην προστασία των φυτών από τις υψηλές θερμοκρασίες και το ψύχος, την αντοχή των φυτών στην ξηρασία κ.α (Negbi, 1999).

#### **3.2 Χημική σύσταση των στιγμάτων του κρόκου**

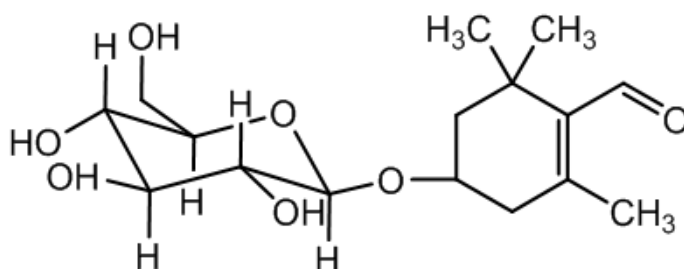
Η χημική σύσταση των στιγμάτων του *Crocus sativus L.* έχει μελετηθεί εκτενώς και έχουν υπολογιστεί περισσότερες από 150 πτητικές και αρκετές μη πτητικές ενώσεις, όπως ζεαξανθίνη, λυκοπένιο και διάφορα α- και β- καροτενοειδή, ενώ ήδη έχουν ταυτοποιηθεί περίπου 40-50 συστατικά (Tarantilis et al., 1994).



Τα βασικά συστατικά των στιγμάτων του κρόκου, στα οποία βασίζεται και η ποιότητα του προϊόντος, είναι η σαφρανάλη (αρωματική ένωση), η πικροκροκίνη (πικρή ουσία) και οι κρόκινες (χρωστική), στις οποίες οφείλεται το χαρακτηριστικό άρωμα, η χαρακτηριστική πικρή του γεύση και το έντονο χρώμα του αντίστοιχα.

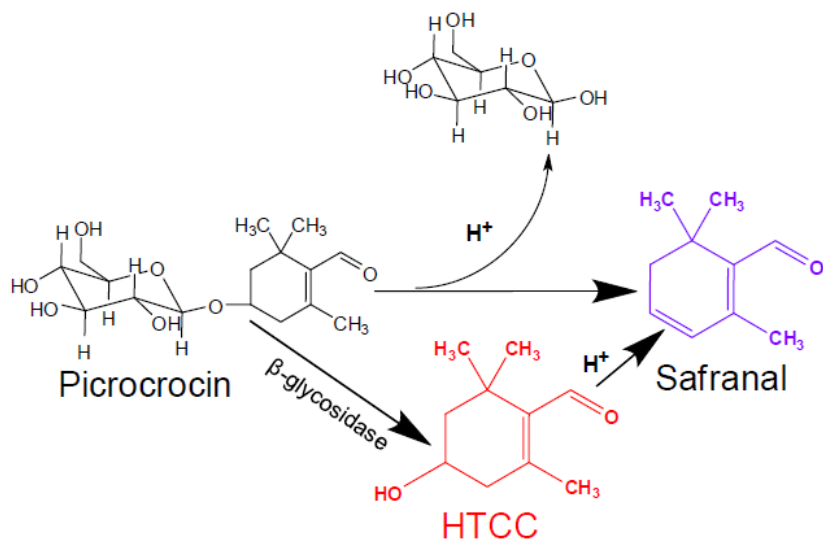
Τα φρέσκα στίγματα του κρόκου φαίνεται να μην έχουν την ίδια ποιότητα με τα ξηρά και ώριμα στίγματα. Υπάρχουν ερευνητικά αποτελέσματα που αναδεικνύουν ότι κατά την ξήρανση και την θέρμανση τους, τα στίγματα παράγουν ουσίες υπεύθυνες για το άρωμα και την γεύση, ενισχύοντας την άποψη ότι κατά το στάδιο της αφύγρανσης συμβαίνουν σημαντικές φυσικές και χημικές αλλαγές.

Οι χρωστικές και τα συστατικά, τα οποία προσδίδουν την πικρή και ελαφρώς πικάντικη γεύση του saffron, κατά την ξήρανση της δρόγης, οφείλεται στην πικροκροκίνη ( $C_{16}H_{26}O_7$ ), που έχει εντοπισθεί μόνο στο γένος *Crocus*, εκ των οποίων το μόνο βρώσιμο είδος είναι το *Crocus sativus* L. Για το λόγο αυτό η πικροκροκίνη (Εικόνα 3.1) αποτελεί μοριακό δείκτη αυτού του μπαχαρικού, προσδίδοντας μια μοναδική και ξεχωριστή γεύση σε σχέση με άλλα μπαχαρικά και καρυκεύματα (Καρασταμάτη, 2014).



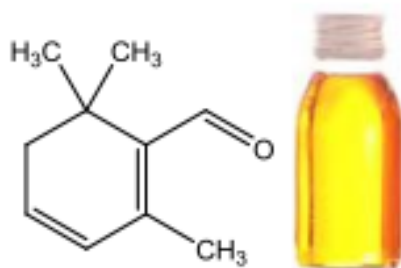
**Εικόνα 3.1:** Χημική δομή της πικροκροκίνης (Καρασταμάτη, 2014)

Αναλυτικότερα η πικροκροκίνη σχηματίζεται κατά την οξειδωτική αποικοδόμηση της ζεαξανθίνης, ενώ αποτελεί πρόδρομη ένωση της σαφρανάλης. Η απογλυκοζυλίωση της πικροκροκίνης, λαμβάνει συνήθως χώρα κατά την αποξήρανση των στιγμάτων και σημαίνει τη διάσπασή της σε D-γλυκόζη και σαφρανάλη. Η διάσπαση μπορεί να γίνει μέσω φυσικής ενζυματικής διαδικασίας και ενδιάμεσο σχηματισμό του HTCC (Εικόνα 3.2) ή μέσω οξειδωτικής υποβάθμισης (θέρμανση) κατά την ανάπτυξη του φυτού, την επεξεργασία και την αποθήκευσή του (Kanakis et al., 2004).



**Εικόνα 3.2:** Σχηματική απεικόνιση υποβάθμισης της πικροκροκίνης (Καρασταμάτη, 2014)

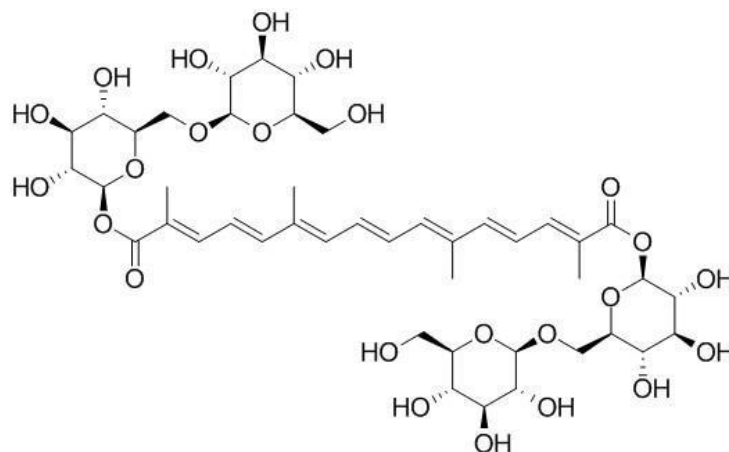
Η σαφρανάλη ( $C_{10}H_{14}O$ ) είναι μια μονοτερπενική αλδεΐδη, η οποία σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ξηράνσεως των στιγμάτων από την πικροκροκίνη με ενζυματική ή όξινη υδρόλυση και αποτελεί το κύριο συστατικό του αιθέριου ελαίου, στο οποίο οφείλεται το χαρακτηριστικό άρωμα του κρόκου (Εικόνα 3.3). Επιπλέον, στο αιθέριο έλαιο του κρόκου απαντώνται η ισοφορόνη, καθώς και άλλα τερπενοειδή. Τα επίπεδα της σαφρανάλης και των άλλων αρωματικών συστατικών του κρόκου εξαρτώνται από τις συνθήκες επεξεργασίας, αποθήκευσης και από τις μεθόδους ανάλυσής του (Carmona et al., 2007).



**Εικόνα 3.3:** Χημική δομή της σαφρανάλης. Το βασικότερο συστατικό του αιθέριου ελαίου του saffron (Καρασταμάτη, 2014)

Η χρωστική δύναμη του κρόκου οφείλεται στις κρόκινες. Οι κρόκινες (Εικόνα 3.4) είναι έντονες, κίτρινες χρωστικές και αποτελούν τις σημαντικότερες μεταξύ άλλων, όπως  $\alpha$ -,  $\beta$ - και  $\gamma$ -καροτένιο, ζεαξανθίνη και λυκοπένιο, χρωστικές ουσίες των στιγμάτων του κρόκου. Είναι μονο-γλυκοζιτικοί ή δι-γλυκοζιτικοί εστέρες της κροκετίνης και αποτελούν

ασυνήθιστα υδατοδιαλυτά καροτενοειδή, λόγω του υψηλού γλυκοζιτικού περιεχομένου τους. Το βασικό συστατικό είναι ο διγεντιοβιοζυλεστέρας της κροκετίνης (C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>4</sub>) (Tarantilis et al. 1995). Επιπλέον απαντώνται και άλλοι γλυκοζίτες της κροκετίνης ξανθοφύλλη, λυκοπίνη ζεανθίνη, κυρώδεις ουσίες, καθώς και άλλα καροτενοειδή (Tarantilis et al. 1994).



**Εικόνα 3.4:** Χημική δομή κροκίνης (Παπαδοπούλου, 2019).

Λόγω της υψηλής υδατοδιαλυτότητας που χαρακτηρίζει τις κρόκινες, διαλύονται γρήγορα στο νερό σχηματίζοντας διάλυμα χρώματος πορτοκαλί, γεγονός που τις καθιστά ως φυσικές χρωστικές των τροφίμων (Basker, 1999).

Προϊόντα υδρόλυσης της κρόκινης είναι η γεντιοβιόζη και η κροκετίνη, ενώ της πικροκρόκινης είναι η γλυκόζη και η σαφρανάλη.

Η κατά προσέγγιση τυπική χημική σύσταση των αποξηραμένων στιγμάτων του φυτού *Crocus sativus L.* παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 3.1), όπως αναφέρεται σε διάφορες επιστημονικές έρευνες (Lewis et al., 1981, Sampathu et al., 1984).

**Πίνακας 3.1:** Τυπική Σύσταση του σαφράν

Συστατικό	%
Υγρασία	6-12
Πρωτεΐνες	10-14
Σάκχαρα	26-27
Γλυκόζη	7-8
Κυτταρίνη	4-7
Ιχνοστοιχεία	1-1,5
Φρουκτόζη	1-2
Άμυλο	6-7
Λίπη	5-8
Αιθέριο Έλαιο	0,3
Πεντοζάνες	6-7
Κρόκινες	8-9
Τέφρα	6-7
Καροτενοειδή	1
Βιταμίνες	0.3 – 138*

\*σε μg/g

Ωστόσο, η προαναφερθείσα χημική σύσταση, μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά ανάλογα με τον τόπο προέλευσης, τις συνθήκες ανάπτυξης και καλλιέργειας καθώς και τις συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευσης.

Το σαφράν είναι ευαίσθητο σε μεταβολές του pH και είναι ασταθές σε φωτεινές και οξειδωτικές συνθήκες, αλλά είναι μέτρια ανθεκτικό στη θερμότητα. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ισχύουν, ώστε τα στίγματα κρόκου να είναι κατάλληλα προς πώληση και χρήση είναι τα εξής:

- αιθέριο έλαιο σε ποσοστό τουλάχιστον 0,6%,
- υδατοδιαλυτό εκχύλισμα τουλάχιστον 58% (επί ξηρού),
- υγρασία όχι πάνω 12,5%,
- τέφρα όχι πάνω από 7% και αδιάλυτα σε υδροχλωρικό οξύ συστατικά της τέφρας όχι πάνω από 1,5% (Χατζοπούλου, 2017).

### 3.3 Θρεπτικές ιδιότητες του κρόκου

Ο κρόκος Κοζάνης, το «χρυσάφι της ελληνικής γης» όπως ονομάζεται, συγκαταλέγεται στα πιο εκλεκτά, προσφιλή και πολύτιμα μπαχαρικά των αρχαίων πολιτισμών για το άρωμα, το χρώμα, τις φαρμακευτικές και αφροδισιακές του ιδιότητες. Ιστορικές αναφορές καταγράφουν ότι ο κρόκος συχνά ανταλλάσσονταν με χρυσαφικά και κοσμήματα (Χατζοπούλου, 2017).

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, τα αποξηραμένα στίγματα του φυτού *Crocus Sativus* έχουν μελετηθεί τόσο για τα συστατικά που ενισχύουν την υγεία όσο και για το άρωμα, το χρώμα, και την πικάντικη γεύση του. Σ' αυτά συγκαταλέγονται η κρόκινη, ως κίτρινη χρωστική, η σαφρανάλη, υπεύθυνη για το άρωμα και η πικροκροκίνη, που προσδίδει πικρή και ελαφριά πικάντικη γεύση. Βιταμίνες και συγκεκριμένα η ριβοφλαβίνη και η θειαμίνη αποτελούν εξίσου συστατικά του σαφράν σε διάφορα δείγματα (Christodoulou et al., 2015).

Οι σημαντικές ποσότητες φυσικών χρωστικών ενώσεων, που περιέχονται στα στίγματα του κρόκου, οι κρόκινες και επιπρόσθετα άλλα καροτενοειδή, όπως α-καροτένιο, β-καροτένιο, λυκοπένιο και ζεαξανθίνη, είναι εξίσου υπεύθυνες για την χρώση του κρόκου αλλά και στη σημαντικότερη συμβολή τους, η καθεμία ξεχωριστά και ποικιλοτρόπως στην υγεία ως αντιοξειδωτικά (Rios et al., 1996).

Μελέτες αποδεικνύουν ότι ο *Crocus Sativus* έχει σπουδαίες αντικαρκινικές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις, που αντικατοπτρίζονται στην χημική του σύσταση. Μια διατροφή που συνδυάζει τον κρόκο ως μπαχαρικό με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συχνότητα έχει αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντιυπερτασική, αντικαρκινική, αντικαταθλιπτική, αντιδιαβητική και αντιλιπιδαιμική δράση (Παπαδοπούλου, 2019).

Συγκεκριμένα, η διατροφή με κρόκινη σε ποσότητες 25-100 mg/kg για 9 εβδομάδες έδειξε μείωση του επιπέδου λιπιδίων του ορού, και συγκεκριμένα της LDL χοληστερίνης, όπως επίσης και αναστολή του σχηματισμού πλάκας στην αορτή. Διαφορετική έρευνα, με βασικό συστατικό την σαφρανάλη για 14 μέρες σε ποσότητες (0,1-0,5 ml/kg/ημέρα) τόνισε πως περιορίζει την έκταση του εμφράγματος, βελτιώνει τις λειτουργίες της αριστερής κοιλίας και την αιμοδυναμική κατάσταση του μυοκαρδίου. Η κροκετίνη

συνεισφέρει επίσης σημαντικά στα καρδιαγγειακά επισκευάζοντας βλάβες του μυοκαρδίου σε ποσότητα (50 mg / kg / ημέρα) (Fatehi et al., 2002, Christodoulou et al., 2015).

Μια διαφορετική μελέτη πραγματοποιήθηκε σε 60 ασθενείς καταβεβλημένους από άγχος και κατάθλιψη, στους οποίους χορηγήθηκαν κάψουλες σαφράν για 12 εβδομάδες, με αποτέλεσμα την σημαντική υποχώρηση της κατάθλιψης και του άγχους σε σχέση με άλλη φαρμακευτική αγωγή (Christodoulou et al., 2015).

Αξιόλογη είναι επιπλέον η χρήση του σαφράν, ως ενισχυτικό μνήμης, καθώς βελτιώνει τη μνήμη και τις ικανότητες μάθησης, ενώ ακόμη θα μπορούσε να συμβάλλει στην πρόληψη της νόσου Alzheimer (Stahi et al., 2016).

Αναλυτικά τα διατροφικά οφέλη του κρόκου για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι:

- Έχει αντικαταθλιπτικές, αντιγηραντικές και αντικαρκινικές ιδιότητες.
- Ενισχύει την εγκεφαλική λειτουργία και τη μνήμη.
- Έχει ευεργετική δράση σε άτομα που πάσχουν από άνοια ή Αλτσχάιμερ.
- Μειώνει τη χοληστερίνη, την αρτηριακή πίεση και εμφανίζει αντιθρομβωτική δράση.
- Καταπραΰνει τους πόνους των νεφρών.
- Διεγείρει την όρεξη και διευκολύνει την πέψη, ενώ περιορίζει τις γαστραλγίες, τους σπασμούς και τους νευρικούς κολικούς και επιπλέον ανακουφίζει από τον στομαχόπονο.
- Βελτιώνει το δέρμα από την ακμή με την εφαρμογή με τη μορφή πάστας στο δέρμα, ως εξωτερική χρήση.
- Βοηθά σε κρίσεις άσθματος, στο προεμμηνορρυσιακό σύνδρομο, τη ναυτία, τις πεπτικές διαταραχές, τις ενοχλήσεις κατά την οδοντοφυΐα.
- Έχει αφροδισιακές ιδιότητες (Παπαδοπούλου, 2019)

Συγκεκριμένα τα δραστικά συστατικά του σαφράν έχουν πολλές θεραπευτικές εφαρμογές σε πολλά φάρμακα ως αντισηπτικό, αντικαταθλιπτικό, αντιοξειδωτικό και αντισπασμωδικό. Οι πιο γνωστές και χαρακτηριστικές ιδιότητες του κρόκου είναι:

- Ασκεί αντιοξειδωτική δράση, η οποία οφείλεται κυρίως στα δραστικά συστατικά του κρόκου, τη σαφρανάλη, την κρόκινη, την κροκετίνη και την καροτίνη, με ισχυρότερο συστατικό, αυτό της κρόκινης, έναντι του οξειδωτικού stress.

- Ασκήν αντνφλεγμονώδη και αναλγητική δράση, λόγω των υδατικών και αιθανολικών εκχυλνσμάτων του κρόκου. Έχει βρεθεί ότι η περιεχόμενη κρόκννη στο σαφράν, περιορίζει την αρθρίτιδα, ρυθμίζοντας τα ένζυμα που βλάπτουν το χόνδρο και οδηγούν σε ρευματοειδή αρθρίτιδα (Bukhari et al., 2018).
- Ασκήν αντικαταθλιπτική δράση, λόγω της ευεργετικής επίδρασης του υδατικού και αιθανολικού εκχυλνσματος του σαφράν και κυρίως της κρόκννης στη θεραπεία της κατάθλιψης, παρότι και η σαφρανάλη έχει υποστηριχθεί πως παρουσιάζει σημαντική αντικαταθλιπτική δράση. Σε ήπια προς μέτρια κατάθλιψη είναι σχεδόν ανάλογο με την ιμιπραμίνη και την φλουοξετίνη (Bhargava et al. 2011).
- Αντιμετωπίζει θετικά τις νευροεκφυλιστικές νόσους, Alzheimer και Parkinson, λόγω της δράσης των καροτενοειδών που αναστέλλουν το σχηματισμό ινιδίων στην περίπτωση της νόσου Alzheimer (Bhargava et al., 2011; Bukhari et al., 2018). Στην περίπτωση της νόσου Parkinson, που χαρακτηρίζεται κυρίως από τον εκφυλισμό των νευρώνων της μέλαινας ουσίας, η ενίσχυση του αντιοξειδωτικού συστήματος από την κροκετίνη, έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση των επιβλαβών επιδράσεων των ενώσεων που εμπλέκονται με την πρόκληση της νόσου (Bukhari et al., 2018).
- Ασκήν αντιεπιληπτική δράση, λόγω της σαφρανάλης, που οδηγεί σε μείωση τόσο των σπασμών όσο και των κρίσεων, που προκαλούνται σε ανάλογες περιπτώσεις (Bhargava et al., 2011; Bukhari et al., 2018).
- Ασκήν υπολοπιδαιμική δράση, που πραγματοποιείται, καθώς η κρόκννη αναστέλλει την παγκρεατική λιπάση και οδηγεί σε δυσαπορρόφηση του λίπους και της χοληστερόλης. Επιπλέον, η κρόκννη και η σαφρανάλη οδηγεί σε μείωση της αρτηριακής υπέρτασης, με τη σαφρανάλη να είναι πιο ισχυρή στο υποτασικό αποτέλεσμα από την κροκετίνη. Η θεραπεία με κροκετίνη οδήγησε επίσης σε μείωση της ολικής χοληστερόλης ορού, της LDL και των τριγλυκεριδίων (Bhargava et al., 2011; Bukhari et al., 2018).
- Ασκήν αγγειοδιασταλτική και κατά συνέπεια καρδιοπροστατευτική δράση, προλαμβάνοντας το έμφραγμα του μυοκαρδίου και την αθηροσκλήρωση. Το κύριο συστατικό του σαφράν, η κροκετίνη, μειώνει τα επίπεδα των καρδιακών δεικτών, όπως η LDH, ενώ παράλληλα αυξάνει το μιτοχονδριακό δυναμικό των καρδιακών μυϊκών ινών. Τα συστατικά του σαφράν παίζουν καθοριστικό ρόλο, στο μεταβολισμό των λιπιδίων και στη μείωση των επιπέδων τους στο αίμα, που

αποτελεί τον κύριο επιβαρυντικό παράγοντα στη σοβαρότητα της αθηροσκλήρωσης (Bhargava et al., 2011; Bukhari et al., 2018).

- Ασκεί αντι-διαβητική δράση, καθώς έρευνες έχουν αποδείξει τον προστατευτικό χαρακτήρα του εκχυλίσματος του σαφράν (40-80 mg/kg) και ιδιαίτερα της κροκετίνης στην υπεργλυκαιμία, την υπερλιπιδαιμία, στην αντίσταση στην ινσουλίνη και στις βλάβες που αυτή προκαλεί (Shahi et al., 2016).
- Ασκεί αντιβηχική δράση, καθώς το αιθανολικό εκχύλισμα του σαφράν και συγκεκριμένα της σαφρανάλης, που μειώνει το βήχα και μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της παθολογίας του πνεύμονα σε περίπτωση φλεγμονής (Bhargava et al., 2011; Bukhari et al., 2018).
- Βελτιώνει την όραση, καθώς η κροκετίνη έχει θετικές επιδράσεις στη φθορά του αμφιβληστροειδούς, ενώ βοηθάει στη βελτίωση της ηλικιοεξαρτώμενης εκφύλισης της ωχράς κηλίδας (Maccarone et al., 2008; Bhargava et al., 2011; Bukhari et al., 2018).
- Ασκεί αντικνηδωτική και ενυδατική δράση, με θετικά αποτελέσματα στην ατοπική δερματίτιδα, την ιχθύαση και άλλες ασθένειες (Bhargava et al., 2011).
- Αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη θεραπεία της ψωρίασης, με παράλληλη φαρμακευτική αγωγή (Brown et al., 2004).
- Αποτελεί ιδανική επιλογή στην επούλωση των εγκαυματικών πληγών με την εφαρμογή του. Μελέτες επιβεβαιώνουν τον αυξημένο ρυθμό που έκλεισαν οι πληγές και τον ωφέλιμο χαρακτήρα του σαφράν εναντίον της δημιουργίας ουλών στη θεραπεία του εγκαύματος (Alemzadeh and Oryan, 2018).
- Ασκεί αφροδισιακή δράση. Η ενδοπεριτοναϊκή χορήγηση υδατικών εκχυλισμάτων κρόκου, και ιδιαίτερα της κρόκινης σε αρσενικά ποντίκια οδήγησε στο συμπέρασμα ότι βελτιώνεται η σεξουαλική τους συμπεριφορά (Cristodoulou et al., 2015).
- Ασκεί ισχυρή αντικαρκινική δράση και προστασία από γονιδιοτοξικότητα. Μελέτες αποδεικνύουν ότι η υδατοδιαλυτή μορφή των καροτενοειδών του κρόκου εμφανίζει κυτταροτοξική, αντικαρκινική και αντιμιτωτική ιδιότητα, αναστέλλοντας ή επιβραδύνοντας μια μεγάλη ποικιλία νεοπλασμάτων. Η εφαρμογή του εκχυλίσματος του κρόκου, έδειξε σημαντική βελτίωση του καρκίνου του δέρματος. Επιπλέον, η χρήση κροκετίνης στον καρκίνο του πνεύμονα βρέθηκε να αναστρέφει ιστολογικά την ανάπτυξη του όγκου, αλλά και την αναστολή της ανάπτυξης του



γαστρικού στομάχου, ενώ οι κρόκινες αποδείχθηκαν ισχυροί προστατευτικοί παράγοντες εναντίον των ηπατοκαρκινογόνων. Οι μελέτες υποδηλώνουν ότι το σαφράν αποτελεί κύριο ελπιδοφόρο χημειοπροστατευτικό παράγοντα για την αναστολή του σχηματισμού μεταστάσεων, σε συνδυασμό και με άλλους αντικαρκινικούς παράγοντες (Δαβίτη, 2018).

### 3.4 Αντιοξειδωτικές ιδιότητες

Οι κύριες θεραπευτικές ιδιότητες του σαφράν, που αναλύθηκαν στα προηγούμενα, αποδίδονται στην μεγάλη αντιοξειδωτική ικανότητα που αποφέρει. Είναι γνωστό, πόση σημασία αποδίδει σήμερα η ιατρική στο «οξειδωτικό stress» και γενικότερα στις ελεύθερες ρίζες. Σειρά από παθολογικές καταστάσεις συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με την παρέμβαση, την συμμετοχή των ριζών αυτών. Γι' αυτό και είναι μεγάλο το ενδιαφέρον για την αναστολή τους (Tarantilis et al, 1995).

Ελεύθερη ρίζα είναι ένα άτομο ή μια ένωση που περιέχει περιττό αριθμό ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας και συνεπώς διαθέτει ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο σε κάποιο τροχιακό της (McMurry, 2001). Το ασύζευκτο ηλεκτρόνιο γενικώς αυξάνει τη δραστικότητα του ατόμου (ή του μορίου), επειδή το άτομο (ή το μόριο) προσπαθεί να αποσπάσει ηλεκτρόνια από άλλα μόρια έτσι ώστε να δημιουργήσει ένα ζεύγος ηλεκτρονίων (Mylonas et Kouretas, 1999).

Πολλές φορές χρησιμοποιείται ο γενικός όρος «δραστικές μορφές» (Reactive Species), που περιλαμβάνει όχι μόνο τις ελεύθερες ρίζες, αλλά και μη-ρίζες (nonradicals) που αποτελούν οξειδωτικούς παράγοντες και μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε ρίζες. Στις «δραστικές μορφές οξυγόνου» αλλιώς ROS (Reactive Oxygen Species) περιλαμβάνονται ελεύθερες ρίζες των οποίων το ασύζευκτο ηλεκτρόνιο βρίσκεται στο οξυγόνο. Η παραγωγή των «δραστικών μορφών οξυγόνου» (ROS) αποτελεί μία φυσιολογική διαδικασία των κυττάρων.

Οι ελεύθερες ρίζες παράγονται συνέχεια μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό. Μέσα σε ένα κύτταρο, συνήθως παράγονται κατά τη διάρκεια αντιδράσεων μεταφοράς ηλεκτρονίων, από διάφορα ενζυμικά συστήματα ή υπό την επίδραση ορισμένων περιβαλλοντικών

παραγόντων, όπως την έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία, που διασπά τους δεσμούς υδρογόνου του νερού που είναι και το κύριο συστατικό των κυττάρων, αλλά και τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, το κάπνισμα ή τη ραδιενέργεια (Halliwell, 2001).

Αντιοξειδωτική είναι κάθε ουσία, η οποία όταν υπάρχει σε μικρές συγκεντρώσεις, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις ενός υποστρώματος, μπορεί να οξειδωθεί, να καθυστερεί ή να εμποδίζει σημαντικά την οξείδωση του υποστρώματος αυτού (Halliwell, 2001). Επίσης, αντιοξειδωτική μπορεί να θεωρηθεί μια ουσία που είτε έχει την ικανότητα να δίνει ένα ηλεκτρόνιο ή ένα άτομο υδρογόνου σε μια ρίζα υπεροξυλίου ή αλκοξυλίου για να σταματήσει την λιπιδική υπεροξείδωση, είτε μπορεί να σχηματίσει χηλική ένωση με ένα προ-οξειδωτικό μέταλλο μετάπτωσης (Aguoma, 2003).

Ο όρος «οξειδωτικό στρες» αναφέρεται στην κατάσταση κατά την οποία υπάρχει σοβαρή ανισορροπία μεταξύ της παραγωγής ελευθέρων ριζών και αντιοξειδωτικής άμυνας του οργανισμού, υπέρ των πρώτων, δηλαδή μια ανεξέλεγκτη και συνεχής αύξηση των επιπέδων ROS στον οργανισμό, που θεωρείται η κύρια αιτία πολλών ασθενειών.

Μέσα στο κύτταρο, υπάρχουν αντιοξειδωτικοί μηχανισμοί, ενζυμικοί και μη ενζυμικοί με στόχο να το προστατεύσουν από τις επιβλαβείς επιπτώσεις που μπορούν να προκαλέσουν οι ελεύθερες ρίζες να επιδιορθώσουν τις πιθανές βλάβες. Τα αντιοξειδωτικά μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες (Γεωργακά, 2005):

- ενζυμικά αντιοξειδωτικά,
- μικρού μοριακού βάρους διαλυτά αντιοξειδωτικά,
- ουσίες που δεσμεύουν τα μέταλλα μετάπτωσης και
- αντιοξειδωτικά που λαμβάνονται μέσω της διατροφής.

Τα διατροφικά αντιοξειδωτικά παράγονται αποκλειστικά από τα φυτά. Χωρίζονται σε υδατοδιαλυτά (βιταμίνη C) και σε λιποδιαλυτά (βιταμίνη A, βιταμίνη E, β-καροτένιο). Τα ξηρά στίγματα του κρόκου είναι πλούσια σε καροτινοειδή. Τα καροτενοειδή είναι γνωστό ότι είναι πολύ αποτελεσματικοί φυσικοί και χημικοί καταστολείς του απλού οξυγόνου, καθώς και ισχυροί συλλέκτες των ROS. Έχει υπολογιστεί ότι το ανθρώπινο σώμα χρειάζεται 6 έως 30 mg καροτινοειδή ανά ημέρα για να προστατεύσει τα κύτταρά του από την επίδραση των ελεύθερων ριζών, που αναπτύσσονται φυσικά, κατά τη διάρκεια της ηλιοθεραπείας, του καπνίσματος και άλλων καρκινικών παραγόντων.

Η πιο γνωστή και περισσότερο μελετημένη θεραπευτική δράση του κρόκου, που συνδέεται ενδεχομένως με την αντιοξειδωτική δράση του, είναι η αντικαρκινική. Η αντιοξειδωτική δράση του *Crocus sativus* οφείλεται κυρίως στα δραστικά συστατικά του, τη σαφρανάλη, την κρόκινη, την κροκετίνη και την καροτίνη. Από αυτά, η κρόκινη θεωρείται το πιο ισχυρό συστατικό ενάντια στο «οξειδωτικό stress». Η σαφρανάλη και η κρόκινη συγκεκριμένα εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες που σημαίνει ότι βοηθούν στην πρόληψη ασθενειών που συνδέονται με οξειδωτικές βλάβες, όπως οι νευρολογικές και καρδιαγγειακές διαταραχές, βλάβες στους ιστούς των νεφρών ή του εγκεφάλου που προκαλούνται από ισχαιμία και στην πρόληψη ανάπτυξης κυττάρων όγκου (Christodoulou et al., 2015; Bukhari et al., 2018).

### 3.5 Φαινολικές ουσίες

Τα τελευταία χρόνια, ένας μεγάλος αριθμός μελετών επικεντρώνεται στην επίδραση της διατροφής στην ανθρώπινη υγεία και το όριο ζωής. Οι φαινολικές ουσίες, οι οποίες βρίσκονται σε αφθονία σε φυτικής προέλευσης τρόφιμα, έχουν συγκεντρώσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, καθώς τους έχουν αποδοθεί αντιοξειδωτικές ικανότητες και προστατευτική δράση απέναντι σε παθολογικές καταστάσεις που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες, όπως ο καρκίνος, η φλεγμονή και οι καρδιαγγειακές και νευρολογικές ασθένειες (Manach et al., 2004, Scalbert et Williamson, 2000).

Υπάρχει μεγάλη ποικιλότητα σχετικά με τις δομές των φαινολών στη φύση και αυτό τις διαφοροποιεί από τα άλλα αντιοξειδωτικά. Μερικές εκατοντάδες έχουν αναγνωριστεί στα φυτά και πολλές από αυτές στα εδώδιμα φυτά, παρόλα αυτά μόνο ένας μικρός αριθμός από αυτές έχει βρεθεί στην ανθρώπινη διατροφή (Scalbert et Williamson, 2000). Μελέτες επάνω σε διαιτητικά πρότυπα και καταστάσεις υγείας έδειξαν ότι η παραδοσιακή ελληνική διατροφή συσχετίζεται με χαμηλά ποσοστά καρδιαγγειακών ασθενειών και καρκίνου, καθώς το περιεχόμενό της είναι πλούσιο σε βιοπροστατευτικές, αντιοξειδωτικές ουσίες, όπως οι πολυφαινόλες, που προέρχονται κυρίως από τα φυτά, τα βότανα, το ελαιόλαδο και το κρασί (Simopoulos, 2004).

Οι φαινολικές ουσίες αποτελούν μια μεγάλη κατηγορία φυτοχημικών ενώσεων, που περιέχουν έναν τουλάχιστον αρωματικό δακτύλιο στην χημική τους δομή, ο οποίος φέρει

ένα ή περισσότερα υδροξύλια (-OH) και ανάλογα με τον αριθμό των υδροξυλίων, διακρίνονται σε φαινόλες και πολυφαινόλες (Καράταγλης, 1994). Υπολογίζεται ότι υπάρχουν περισσότερες από 8.000 πολυφαινόλες στα διάφορα είδη φυτών (Urquiaga et Leighton, 2000).

Οι φυτικές φαινόλες παρουσιάζουν μια ετερογένεια ως προς τη διαλυτότητά τους, αφού μερικές είναι διαλυτές μόνο σε οργανικούς διαλύτες, μερικές είναι υδατοδιαλυτές, ενώ άλλες είναι αδιάλυτα ισομερή (Καράταγλης, 1994). Λειτουργικά, οι φαινόλες εκδηλώνουν διάφορους ρόλους στα φυτά. Μερικές έχουν αμυντικό ρόλο ενάντια στην υπεριώδη ακτινοβολία σε διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς (Manach et al, 2004), άλλες έχουν δομική λειτουργία συμμετέχοντας στο σχηματισμό των στηρικτικών ιστών των φυτών, άλλες συμμετέχουν στην προσέλκυση επικονιαστών και τη διασπορά των καρπών, ενώ άλλες δρουν προκαλώντας μείωση της αύξησης των γειτονικών ανταγωνιστικών φυτών (Καράταγλης, 1994).

Οι φαινόλες ταξινομούνται ανάλογα με τον αριθμό των φαινολικών δακτυλίων που περιέχουν και των δομικών ομάδων που, συνδέουν αυτούς τους δακτυλίους μεταξύ τους. Διακρίνονται σε φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, στιλβένια και λιγνάνες. Μπορούν να συνδεθούν με ποικίλους υδρογονάνθρακες και οργανικά οξέα, αλλά και να πολυμεριστούν σχηματίζοντας ουσίες υψηλού μοριακού βάρους, τις ταννίνες.

Τα φλαβονοειδή είναι μια ομάδα πολυφαινολών, με αρωματικούς δακτυλίους και η ονομασία τους προέρχεται από το κίτρινο χρώμα (flavus=κίτρινος) μερικών ενώσεων της ομάδας αυτής και διαιρούνται σε έξι υποκατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο του ετεροδακτυλίου: φλαβονόλες, φλαβόνες, ισοφλαβόνες, φλαβανόνες, ανθοκυανίνες και φλαβανόλες (Καράταγλης, 1994).

Οι φαινόλες παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα βιολογικών επιδράσεων, ως αποτέλεσμα των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων, που προστατεύουν από τις ελεύθερες ρίζες και την λιπιδική υπεροξειδωση, παράγοντες που εμπλέκονται σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις. Επιπλέον είναι σημαντική η επίδραση των φαινολικών ουσιών στα στάδια μετατροπής των κυττάρων σε καρκινικά αναστέλλοντας την αρχική φάση, την προαγωγή και την πρόοδο της καρκινογενετικής διαδικασίας. (Hollman et Katan, 1999).

## 4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και εκτίμηση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και της περιεκτικότητας σε φαινολικά συστατικά σε υδατικά ή μεθανολικά εκχυλίσματα κρόκου Κοζάνης του εμπορίου.

### 4.1 Υλικά και μέθοδοι

Η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα Εργαστήρια της Σχολής Γεωπόνων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένα στίγματα του κρόκου Κοζάνης (*Crocus sativus*), όπως αυτά κυκλοφορούν στο εμπόριο.

Οι εργαστηριακοί προσδιορισμοί εφαρμόστηκαν σε τρία διαφορετικής σύνθεσης εκχυλιστικά μέσα ήτοι: Αποσταγμένο νερό, Καθαρή Μεθανόλη και Μείγμα 80:20 Μεθανόλης-νερού.

#### Διαδικασία εκχέλισης

- Σε δείγμα 200mg αποξηραμένων σιγμάτων κρόκου προστέθηκαν 2 ml καθαρής μεθανόλης (1).
- Σε δείγμα 200mg αποξηραμένων σιγμάτων κρόκου προστέθηκαν 2 ml μείγματος 80/20 μεθανόλης /νερού (2)
- Σε δείγμα 200mg αποξηραμένων σιγμάτων κρόκου προστέθηκαν 2 ml απεσταγμένο νερό (3).

Ακολούθως κάθε δοκιμαστικός σωλήνας σφραγίστηκε και υποβλήθηκε σε δόνηση για 1 min και αφέθηκε σε ηρεμία για 2 ώρες. Στην παρακάτω εικόνα διακρίνονται οι δοκιμαστικοί σωλήνες με τα εκχυλίσματα του κρόκου στα τρία εκχυλιστικά μέσα.



**Εικόνα 4.1:** Δοκιμαστικοί σωλήνες με τα εκχυλίσματα του κρόκου. Αριστερά στην εικόνα σε νερό, στο μέσον σε μείγμα μεθανόλης-νερού και δεξιά σε καθαρή μεθανόλη

## 4.2 Προσδιορισμός Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας (TAC)

### 4.2.1 Μέθοδος DPPH

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, βασιζόμενη στην ικανότητα αλληλεπίδρασης των αντιοξειδωτικών μορίων με μία από τις λίγες σταθερές και εμπορικά διαθέσιμες οργανικές ρίζες αζώτου, το DPPH, που έχει σαν αποτέλεσμα στον αποχρωματισμό του πορφυρού διαλύματος της ρίζας DPPH, από μωβ σε κίτρινο, εξαιτίας της αντίδρασης στην οποία αυτή καταναλώνεται από τα αντιοξειδωτικά. Ο βαθμός του αποχρωματισμού μετρείται φασματοφωτομετρικά στα 515 nm. (Williams et al., 2004).

- **Παρασκευή διαλύματος DPPH**

Για την παρασκευή του βασικού αντιδραστηρίου (standard), χρησιμοποιήθηκαν 2,36 mg DPPH, τα οποία διαλύθηκαν σε 100 ml μεθανόλης και το διάλυμα αυτό (60  $\mu$ Mol) τοποθετήθηκε στο σκοτάδι σε θερμοκρασία δωματίου. Στην συγκεκριμένη συγκέντρωση

το διάλυμα αυτό παρουσιάζει τιμές απορρόφησης 0,7 στο μήκος κύματος των 515 nm και έχει ένα έντονο ιώδη χρωματισμό.

- **Πειραματική διαδικασία:**

Λαμβάνεται ποσότητα 50 μl από το κάθε δείγμα εκχυλίσματος κρόκου και προστίθεται σε πλαστική κυψελίδα «ωφέλιμου» όγκου 2 ml. Ακολούθως προστίθενται στην κυψελίδα 1950 μl αντιδραστήριο DPPH. Οι κυψελίδες καλύπτονται με πλαστικό φιλμ (parafilm) για την αποφυγή εξάτμισης της μεθανόλης και τοποθετούνται σε σκοτεινό μέρος για μισή ώρα. Ο χρόνος αυτός κρίνεται απαραίτητος ώστε να ολοκληρωθεί η αντίδραση του DPPH με τα υπάρχοντα αντιοξειδωτικά στο εκάστοτε δείγμα και να σταθεροποιηθεί ο αποχρωματισμός του αντιδραστηρίου.

Πριν την ακολουθία των μετρήσεων προηγείται μηδενισμός του φασματοφωτόμετρου με καθαρή μεθανόλη και στην συνέχεια λαμβάνονται οι μετρήσεις απορρόφησης του εκάστοτε δείγματος (τιμή απορρόφησης δείγματος σε χρόνο 30 min:  $A_{30}$ ) στο φασματοφωτόμετρο. Παράλληλα λαμβάνεται και μέτρηση από το standard διάλυμα του DPPH (μάρτυρας), η οποία ουσιαστικά αφορά την τιμή απορρόφησης σε χρόνο 0 min:  $A_0$ .

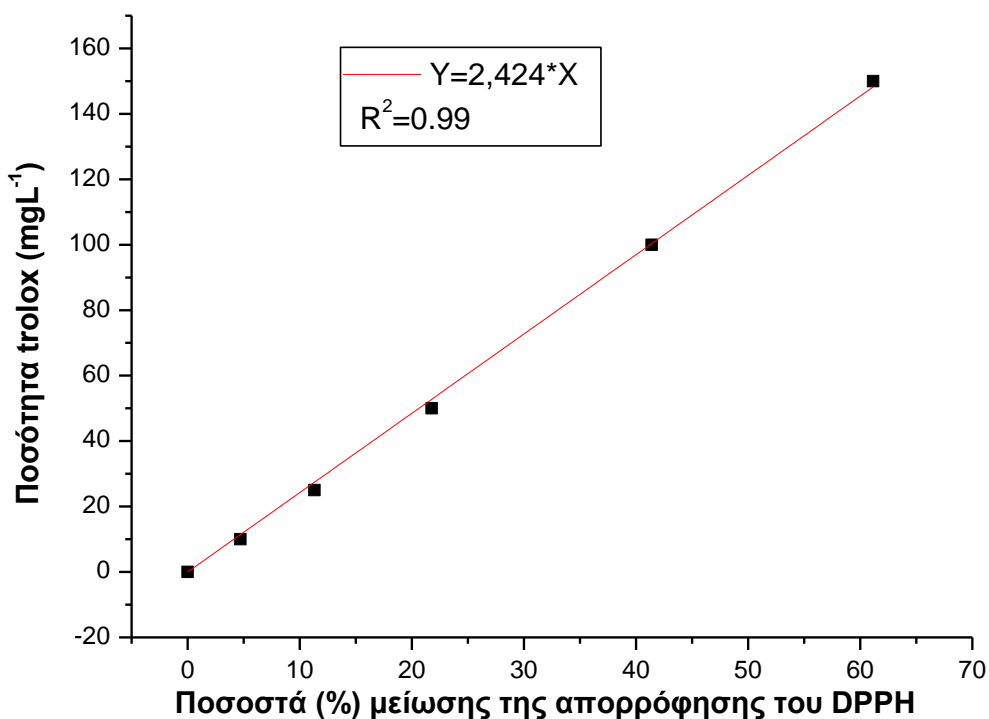
Οι μετρήσεις εκφράζονταν σε ποσοστό (%) μείωσης της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH (λόγω της παρουσίας των αντιοξειδωτικών) και μπορεί να θεωρηθεί ως ποσοστό αντιοξειδωτικής ικανότητας ( $\Delta A_{\%}$ ). Οι τιμές αυτές προσδιορίζονται από την σχέση:

$$\Delta A_{\%} = \left( \frac{A_0 - A_{30}}{A_0} \right) \times 100$$

Οι τιμές αυτές, συνήθως εκφράζονται σε «ισοδύναμες ποσότητες» κάποιων ισχυρών αντιοξειδωτικών ουσιών αναφοράς, όπως είναι το trolox (ανάλογο της βιταμίνης E) ή το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), ή το Γαλλικό Οξύ. Οι ποσότητες αυτές αφορούν την ποσότητα του αντιοξειδωτικού αναφοράς, η οποία έχει το ίδιο αποτέλεσμα (ποσοστό %) αποχρωματισμού στο βασικό διάλυμα DPPH.

Στην παρούσα εργασία ως αντιοξειδωτικό αναφοράς χρησιμοποιήθηκε το trolox, μέσω του οποίου καταρτίστηκε καμπύλη αναφοράς που σχετίζει τα ποσοστά μείωσης της απορρόφησης του DPPH (λόγω των αντιοξειδωτικών ουσιών στο κάθε δείγμα) με τις συγκεντρώσεις του trolox.

Για την κατάρτιση της καμπύλης αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώσεις trolox της τάξεως των 0, 12½, 25, 50, 100 και 150 mgL<sup>-1</sup> (χιλιοστογραμμάρια ανά λίτρο ή ppm). Από τα ανωτέρω διαλύματα trolox ελήφθησαν ποσότητες των 50 μl, οι οποίες αντέδρασαν με 1950 μl από το βασικό διάλυμα των 60 μMol του DPPH. Η καμπύλη αναφοράς που προέκυψε από τις μετρήσεις αυτές παρουσιάζεται στο γράφημα της παρακάτω εικόνας.



**Εικόνα 4.2 :** Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικού αναφοράς (trolox) και μείωσης του ποσοστού απορρόφησης του διαλύματος των 60 μMol του DPPH.

Η εξίσωση παλινδρόμησης,

$$Y = 2,424 * X \quad (R^2=0,99)$$

αποδίδει την μαθηματική σχέση μεταξύ των ποσοστών μείωσης της απορρόφησης του διαλύματος των 60 μMol του DPPH και των τιμών της ποσότητας του trolox που αντιστοιχούν σε αυτές.

Δεδομένου ότι οι συγκεντρώσεις του διαλύματος του trolox εκφράζονται ως mg στο λίτρο, οι ισοδύναμες ποσότητες σε ολικά αντιοξειδωτικά μέσα σε κάθε δείγμα, θα αφορούν την ποσότητα εκείνη του δείγματος που αποδίδει ένα λίτρο εκχυλίσματος. Συνεπώς στην παρούσα εργασία οι ισοδύναμες τιμές σε trolox, που προκύπτουν από την παραπάνω



εξίσωση, αφορούν ποσότητα 100 g κρόκου. (Αφού σε κάθε 1 mL εκχυλιστικού, αντιστοιχούν 100 mg δείγματος κρόκου).

### **4.3 Προσδιορισμός περιεχόμενου σε ολικές φαινόλες**

Στην παρούσα εργασία για τον προσδιορισμό του ολικού περιεχομένου των εκχυλισμάτων του κρόκου σε φαινολικές ουσίες εφαρμόστηκε η μέθοδος Folin-Ciocalteu.

#### **4.3.1 Μέθοδος Folin Ciocalteu**

Η μέθοδος Folin-Ciocalteu (FC) είναι μία διαδικασία φασματοφωτομετρική που βασίζεται σε μία χημική αναγωγή του ομόλογου αντιδραστηρίου (αντιδραστήριο FC) που αποτελεί ένα μίγμα οξειδίων βολφραμίου και μολυβδαινίου. Τα προϊόντα της αναγωγής των οξειδίων των μετάλλων έχουν μπλε χρώμα, το οποίο παρουσιάζει μία ευρεία απορρόφηση φωτός με μέγιστο στα 765 nm. Η ένταση της απορρόφησης του φωτός σε αυτό το μήκος κύματος είναι ανάλογη προς τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων. Η μέθοδος FC έχει υιοθετηθεί ως η επίσημη μέθοδος για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών. Η ανάπτυξη του χρώματος είναι αργή αλλά μπορεί να επιταχυνθεί με τη θέρμανση του δείγματος. Με την υπερβολική θέρμανση, ωστόσο, ακολουθεί γρήγορη απώλεια του χρώματος και καθιστά πολύ δύσκολη την μέτρηση αναπαραγωγικών αποτελεσμάτων. Το αντιδραστήριο FC είναι εμπορικά διαθέσιμο, αλλά μπορεί να παρασκευαστεί ακολουθώντας το πρωτόκολλο παρασκευής του.

- **Πειραματική διαδικασία:**

Σε πλαστικές κυψελίδες ωφέλιμου όγκου 4ml προσθέτουμε 20μL δείγματος όπως προέκυψε από τις εκχυλίσεις που περιγράφηκαν στα προηγούμενα. Χρησιμοποιείται μια επιπλέον κυψελίδα για να παρασκευαστεί το τυφλό διάλυμα, με σκέτο νερό. Στη συνέχεια ακολουθεί προσθήκη 1580 μL αποσταγμένο νερό. Ακολουθεί η προσθήκη σε όλους τους δοκιμαστικούς σωλήνες 100 μL αντιδραστηρίου FC και γίνεται καλή ανάδευση με τη χρήση δονητή (Vortex). Μετά από διάστημα τουλάχιστον ενός λεπτού σε σκοτεινό μέρος,

για επώαση, γίνεται προσθήκη 300  $\mu\text{L}$  Ανθρακικού Νατρίου ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 20%. Ακολούθως, σκεπάζονται οι κυψελίδες με παραφίλι για να μην εξατμίζονται και μεταβάλλεται η συγκέντρωση των αντιδραστηρίων και αφήνονται για δύο ώρες στο σκοτάδι, ώστε να ολοκληρωθεί η αντίδραση χρωματισμού. Κατόπιν οι κυψελίδες τοποθετούνται στο φασματοφωτόμετρο για να προσδιοριστούν οι τιμές απορρόφησης του φωτός στα 750 nm. Σε κάθε εκχύλιση κρόκου έγιναν 10 επαναλήψεις.

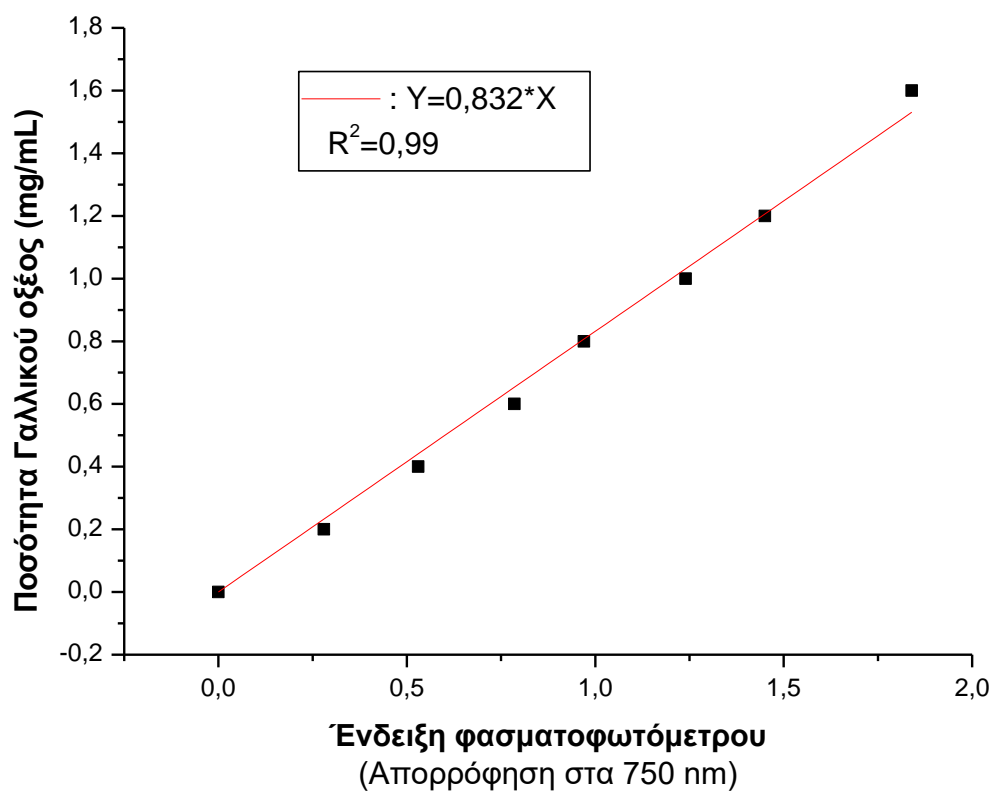
Οι τιμές απορρόφησης που καταγράφονται στο φασματοφωτόμετρο από τα διάφορα δείγματα, αντιστοιχίζονται σε ισοδύναμη ποσότητα γαλλικού οξέος (ποσότητα σε γαλλικό οξύ που έχει την ίδια τιμή απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 750 nm με το εκάστοτε δείγμα). Για τον σκοπό αυτό καταρτίστηκε μια καμπύλη αναφοράς με την απορρόφηση γνωστών συγκεντρώσεων γαλλικού οξέος στο μήκος κύματος των 750 nm, μετά την αντίδρασή τους με τα παραπάνω αντιδραστήρια. Οι συγκεντρώσεις γαλλικού οξέος που χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό αυτό ήταν 0 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 mg/mL. Η καμπύλη αναφοράς που προκύπτει παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.3).

Η εξίσωση παλινδρόμησης,

$$Y = 0,832 * X \quad (R^2=0,99)$$

αποδίδει την μαθηματική σχέση μεταξύ των τιμών (ενδείξεων) της απορρόφησης του φασματοφωτόμετρου και των τιμών της ποσότητας του Γαλλικού Οξέος που αντιστοιχούν σε αυτές.

Κατά αντιστοιχία με την περίπτωση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας οι ισοδύναμες τιμές σε γαλλικό οξύ, που προκύπτουν από την παραπάνω εξίσωση, αφορούν ποσότητα 100 g κρόκου. (Αφού σε κάθε 1 mL εκχυλιστικού, αντιστοιχούν 100 mg δείγματος κρόκου).

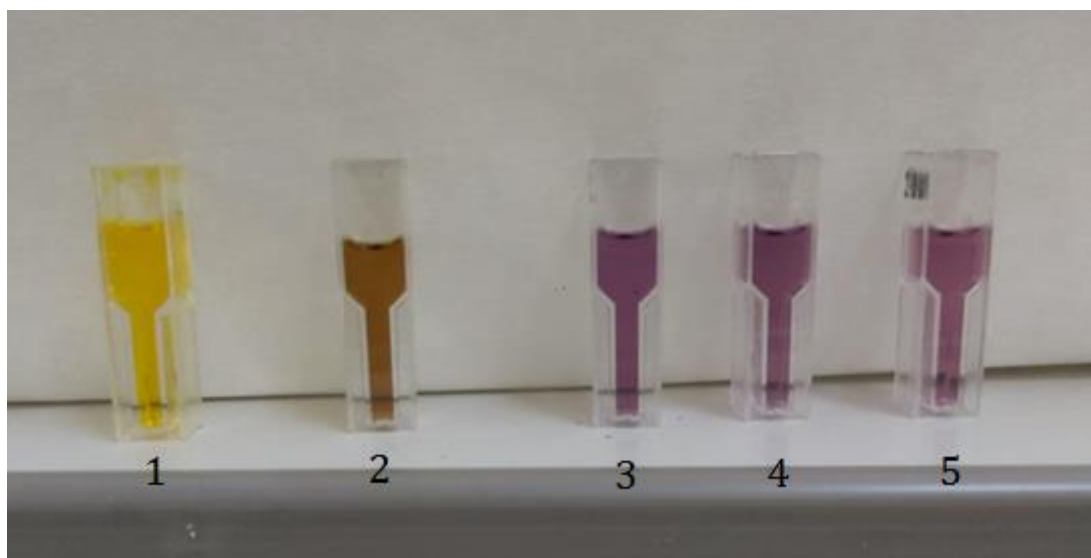


**Εικόνα 4.3:** Καμπύλη αναφοράς που αποδίδει την σχέση μεταξύ ποσότητας γαλλικού οξέος και απορρόφησης φωτός σε μήκος κύματος 750nm, μετά την αντίδραση με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu.

## 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1 Ολική Αντιοξειδωτική Ικανότητα (TAC)

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5.1), η αντίδραση των εκχυλισμάτων του κρόκου με το DPPH δεν έδωσε αξιοποιήσιμα αποτελέσματα. Οι χρωστικές του κρόκου προσέδιδαν στα εκχυλίσματα έντονο κίτρινο χρωματισμό ακόμα και μετά από 20πλάσια αραιώση του αρχικού εκχυλίσματος (κυβέττα 1). Το υλικό αυτό έδωσε σημαντικές τιμές απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο της τάξης του 0,5 (όταν το standard διάλυμα του DPPH δίνει τιμές 0,7). Μάλιστα μετά από την προσθήκη του αντιδραστηρίου, ανεξάρτητα από τον βαθμό αραιώσης, οι τιμές απορρόφησης που λαμβάνονταν από το φασματοφωτόμετρο, ήταν μεγαλύτερες από το 0,7 (κυβέττα 2). Στην εικόνα επίσης παρουσιάζονται και κυβέττες με διάφορες τιμές συγκέντρωσης του πρότυπου αντιοξειδωτικού (trolox), όπου φαίνεται καθαρά ο πορφυρός χρωματισμός μετά την προσθήκη του DPPH.

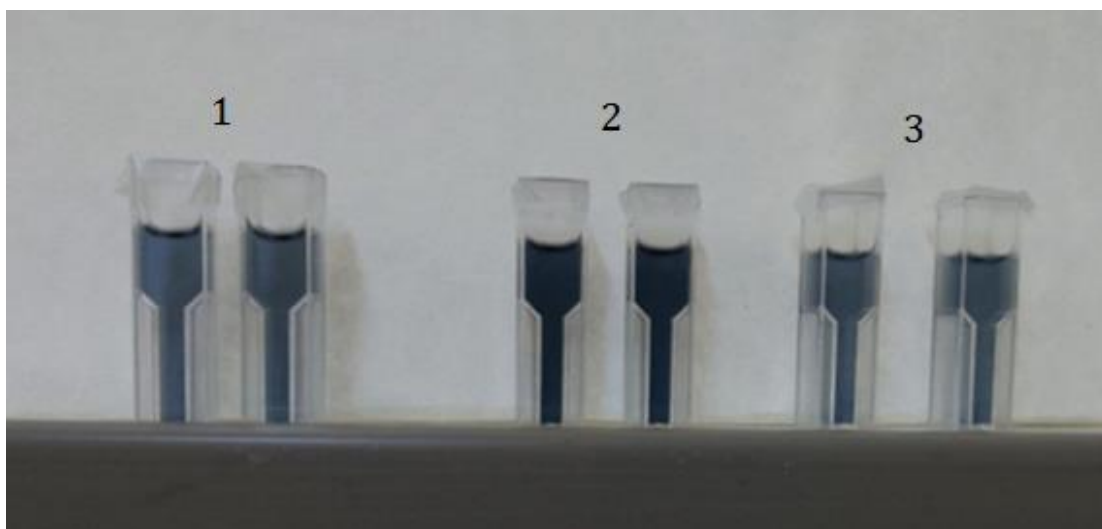


**Εικόνα 5.1:** Πλαστικές κυβέττες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την φασματοφωτομετρία της Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας του κρόκου. Η κυβέττα 1 περιέχει αραιωμένο κατά 20 φορές το αρχικό εκχύλισμα χωρίς την προσθήκη του DPPH. Η κυβέττα 2 μετά την προσθήκη του αντιδραστηρίου. Οι κυβέττες 3,4 και 5 περιέχουν trolox σε διάφορες συγκεντρώσεις μετά την αντίδραση με DPPH.

Μάλιστα η προσθήκη του DPPH στο εκχύλισμα του κρόκου είχε σαν αποτέλεσμα τον καστανό μεταχρωματισμό του εκχυλίσματος, που όπως αναφέρθηκε πριν, έδινε τιμές απορρόφησης μεγαλύτερες και από το standard διάλυμα του DPPH.

## 5.2 Περιεκτικότητα σε φαινολικές ουσίες

Αντίθετα από την περίπτωση του DPPH και παρά την κίτρινη απόχρωση των εκχυλισμάτων λόγω των χρωστικών του κρόκου, η αντίδραση των φαινολικών ουσιών σε αυτά με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu εξελίχθηκε κανονικά. Τα δείγματα απέκτησαν τον χαρακτηριστικό βαθύ κυανό χρωματισμό της αντίδρασης των φαινολικών ουσιών με το αντιδραστήριο, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5.2).



**Εικόνα 5.2:** Πλαστικές κυβέττες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την φασματοφωτομετρία των φαινολικών ουσιών στα εκχυλίσματα του κρόκου. Αριστερά μετά από εκχύλιση με νερό (1), στο μέσον μετά από εκχύλιση με μείγμα 80:20 μεθανόλης-νερού (2), δεξιά μετά από εκχύλιση σε καθαρή μεθανόλη (3).

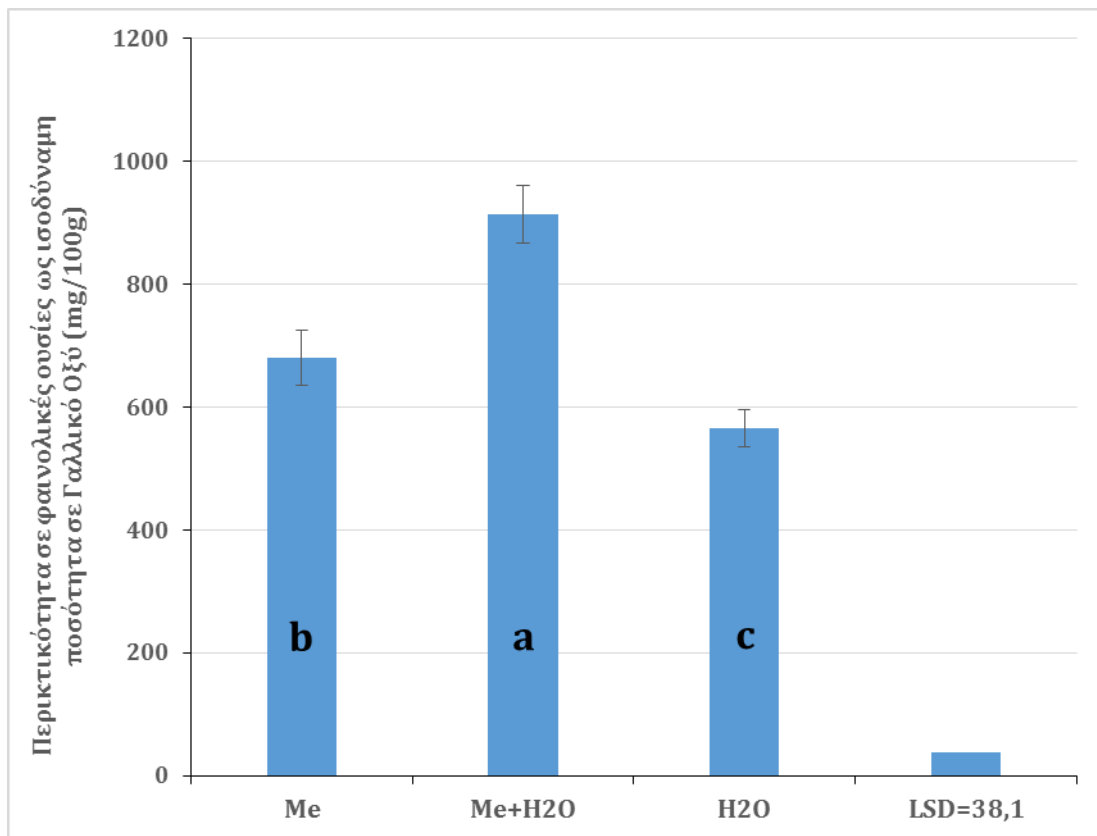
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της περιεκτικότητας σε ολικές φαινολικές ουσίες του κρόκου Κοζάνης (εκπεφρασμένα ως ισοδύναμη ποσότητα σε Γαλλικό Οξύ) στα τρία εκχυλιστικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1).

**Πίνακας 5.1:** Πειραματικά αποτελέσματα της ποσότητας των ολικών φαινολικών ουσιών (ως ισοδύναμη ποσότητα σε Γαλλικό Οξύ) που προσδιορίστηκαν με την μέθοδο Folin-Ciocalteu στον κρόκο Κοζάνης σε τρία διαφορετικά εκχυλιστικά μέσα.

Ποσότητα φαινολικών ουσιών που ανιχνεύτηκαν, ως ισοδύναμη ποσότητα σε Γαλλικό Οξύ (mg/100g κρόκου)			
Εκχυλιστικό μέσο			
Μεθανόλη	Μεθανόλη+Νερό (80:20)	Νερό	
637,312	837,824	560,768	
644,8	876,096	592,384	
590,72	915,2	579,904	
679,744	958,464	557,44	
677,248	940,16	520	
728,832	965,12	605,696	
701,376	842,816	566,592	
744,64	956,8	599,04	
699,712	926,016	545,792	
695,552	921,856	520	
<b>Μέσος±Τυπ Αποκλίσεις</b>	<b>680±14,4</b>	<b>914±14,7</b>	<b>564,8±9,6</b>
<b>CV%(συντελεστής παραλλακτικότητας)</b>	<b>6,7</b>	<b>5,1</b>	<b>5,4</b>

Η ανάλυση της διασποράς των παραπάνω τιμών, αποδεικνύει ότι υπάρχουν πολύ σημαντικές διαφορές στις τιμές του φαινολικού περιεχομένου μεταξύ των τριών εκχυλιστικών μέσων που χρησιμοποιήθηκαν στον κρόκο ( $F=183,5$ , για 2 και 27 BE,  $P<000,1$ ) (Παρατίθεται στο παράρτημα της εργασίας).

Στο γράφημα της παρακάτω εικόνας (Εικόνα 5.3), παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των προσδιορισμών του φαινολικού περιεχομένου και οι συγκρίσεις των μέσων για τις τρεις επεμβάσεις (εκχυλιστικά μέσα) του πειράματος.



**Εικόνα 5.3:** Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις της περιεκτικότητας σε φαινολικά συστατικά στον κρόκο Κοζάνης σε τρία διαφορετικά εκχυλιστικά μέσα. (Οι μέσοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με την δοκιμασία Duncan για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ )

Τα παραπάνω αποτελέσματα φανερώνουν ότι:

1. Οι στήμονες του κρόκου περιέχουν αξιόλογες ποσότητες φαινολικών ουσιών, μεγαλύτερες από 600mg στα εκχυλίσματα των 100g ξηρών στημόνων (για αναλογία 100mg κρόκου /mL εκχυλιστικού).
2. Το εκχυλιστικό μέσο έχει μεγάλη επίδραση στην ποσότητα των φαινολικών ουσιών που εκχυλίζονται. Σύμφωνα με τα παραπάνω, στο μείγμα μεθανόλης-νερού 80:20, εκχυλίζονται σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες φαινολικών ουσιών σε σχέση με την καθαρή μεθανόλη ή το απεσταγμένο νερό.
3. Οι πολύ μικροί συντελεστές παραλλακτικότητας μέσα σε κάθε μεταχείριση- (εκχυλιστικό μέσον), υποδεικνύουν ότι η μέθοδος φωτομετρικού προσδιορισμού

Folin-Ciocalteu είναι σταθερή μέθοδος για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολών και ότι εφαρμόστηκε με ορθό τρόπο στην παρούσα εργασία.

## **6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η καλλιέργεια του κρόκου Κοζάνης εντοπίζεται εδώ και 300 χρόνια στην περιοχή της Κοζάνης, γύρω από το ομώνυμο χωριό, τον Κρόκο. Σκοπός της καλλιέργειας αυτής είναι η



παραγωγή των στιγμάτων των άνθεών του, που χαρακτηρίζονται από τεράστια προστιθέμενη αξία, λόγω των φαρμακευτικών και αρτυματικών του ιδιοτήτων.

Πλήθος ερευνητικών μελετών έχουν επιβεβαιώσει τις αντιοξειδωτικές, αντιθρομβωτικές και αντικαρκινικές του ιδιότητες. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε και εκτιμήθηκε η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα και η περιεκτικότητα των φαινολικών συστατικών, σε υδατικά ή μεθανολικά εκχυλίσματα κρόκου Κοζάνης του εμπορίου.

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, παρατηρήθηκε ότι οι στήμονες του κρόκου περιέχουν αξιόλογες ποσότητες φαινολικών ουσιών, οι οποίες είναι δυνατό να προσδιοριστούν με τη μέθοδο φωτομετρικού προσδιορισμού Folin-Ciocalteu, ως η πιο σταθερή μέθοδος, όπως φαίνεται και από τους πολύ μικρούς συντελεστές παραλλακτικότητας μέσα σε κάθε μεταχείριση (εκχυλιστικό μέσον).

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το εκχυλιστικό μέσο έχει μεγάλη επίδραση στην ποσότητα των φαινολικών ουσιών που εκχυλίζονται, καθώς στο μείγμα μεθανόλης-νερού 80:20, εκχυλίζονται σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες φαινολικών ουσιών, σε σχέση με την καθαρή μεθανόλη ή το αποσταγμένο νερό.

Περισσότερες μελέτες, αναφορικά με τις θεραπευτικές ιδιότητες του κρόκου Κοζάνης, επιβάλλεται να πραγματοποιηθούν, αξιολογώντας τη χρήση του «σαφράν» στη μαγειρική και στη βιομηχανία φαρμάκων, συμβάλλοντας με την παροχή καροτενίων, αντιοξειδωτικών, και φαινολικών περιεχομένων στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας ανάλυσης της διασποράς της περιεκτικότητας των ξηρών στημόνων του κρόκου σε ολικές φαινόλες, εκπεφρασμένης ως ισοδύναμης ποσότητας Γαλλικού οξέος, στα τρία εκχυλιστικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

<i>Προέλευση διακύμανσης</i>	<i>Άθροισμα τετραγώνων</i>	<i>Βαθμοί ελευθερίας</i>	<i>Μέσο Τετράγωνο</i>	<i>F (πειράματος)</i>	<i>τιμή-P</i>	<i>κριτήριο F</i>
Επεμβάσεις (Εκχυλιστικό μέσο)	633486,4	2	316743,2	183,5 (***)	<0,0001	3,35
Υπόλοιπο	46593,67	27	1725,691			
Σύνολο	680080,1	29				

$$\bar{Y}_{..} = 719,6$$

$$CV_{\text{πειρ}} = 5,77 \%$$

$$LSD = 38,1$$

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Abdullaev, F.I., Caballero-Ortega, H., Riverón-Negrete, L., Pereda-Miranda, R., RiveraLuna, R., Manuel Hernandez, J., Pérez-López, I., Espinosa-Aguirre, JJ., 2002. *Evaluation in vitro del potencial quimiopreventivo del a zafran*. Rev. Invest, din. 2002, 54, 430-436
2. Alemzadeh, E., Oryan, A., May 2018. *Effectiveness of a Crocus sativus Extract on Burn Wounds in Rats*. Planta Med. 23. doi: 10.1055/a-0631-3620
3. Alonso, G.L., Zalacain, N. and Carmona, M., 2012. *Saffron, Handbook of Herbs and Spices*. Editor K.V. Peter, Woodhead Publishing, UK, p.p. 477
4. Aruoma, O. I., 2003. *Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plantfoods*. Mutation Research, 20 (9): 523-524
5. Basker, D., 1999. *Saffron chemistry. En: Saffron. Crocus sativus L. Medicinal and aromatic plants*. Industrial profiles. Negbi M. Ed., Harwood Academic publishers, Amsterdam, Holanda, 45-52
6. Bhargava, K., Vijaya, 2011. *MEDICINAL USES AND PHARMACOLOGICAL PROPERTIES OF CROCUS SATIVUS LINN (SAFFRON)*. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences ISSN- 0975-1491 Vol 3, Suppl 3
7. Bown D. ,1995. *Encyclopaedia of Herbs and their Uses*. Dorling Kindersley, London. ISBN 0-7513-020-31
8. Brown, AC., Hairfield, M., Richards, DG., McMillin, DL., Mein, EA., Nelson CD., 2004. *Medical nutrition therapy as a potential complementary treatment for psoriasis: Five case reports*. Alternative Medicine Review, 9:297–307
9. Bukhari, S., I., Mahreen, M., M.K. Dhar, 2018. *A comprehensive review of the pharmacological potential of Crocus sativus and its bioactive apocarotenoids*. Biomedicine & Pharmacotherapy, Volume 98, Pages 733-745. Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.12.090>

10. Carmona Delgado M., Zalacain Aramburu A., Alonso Díaz-Marta G.L., 2006. *The chemical composition of saffron: Color, taste and aroma*. Albacete, Spain: Editorial Bomarzo
11. Christodoulou, E.; Kadoglou, N. P. E.; Kostomitsopoulos, N. & Valsami, G., 2015. *Saffron: a natural product with potential pharmaceutical applications*. Journal of Pharmacy and Pharmacology 67(12), 1634-1649
12. Fatehi, M.; Rashidabady, T. & Fatehi-Hassanabad, Z., 2003. *Effects of Crocus sativus petals' extract on rat blood pressure and on responses induced by electrical field stimulation in the rat isolated vas deferens and guinea-pig ileum*. Journal of Ethnopharmacology 84(2), 199 - 203
13. Halliwell, B., 2001. *Free Radicals and other reactive species in Disease*. National University of Singapore
14. Hollman, P.C., Katan, M.B., 1999. *Dietary flavonoids: Intake, health effects and bioavailability*. Food and Chemical Toxicology, 37: 937-942
15. International Standard ISO 3632-1:1993 Διαθέσιμο στο: <https://www.iso.org/standard/9072.html>
16. Kanakis C. D., Daferera D. J., Tarantilis P. A., Polissiou M. G., 2004. *Qualitative determination of volatile compounds and quantitative evaluation of safranal and 4-hydroxy-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carboxaldehyde (HTCC) in Greek saffron*. J. Agric. Food Chem. 52, 4515-4521
17. Lewis Y. S., Sampathu S. R., Shivashankar S., Natarajan C.P., 1981. *Quality evaluation of saffron*. Arecanuth spices and Cacao J., 4: 113 – 117
18. Maccarone, R., Di Marco, S., Bisti, S., 2008. *Saffron supplement maintains morphology and function after exposure to damaging light in mammalian retina*. Invest Ophthalmology and Visual Science, 49(3):1254-61
19. Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L., 2004. *Polyphenols: Food sources and bioavailability*. Am. J. Clin. Nutr. 2004, 79:727-47
20. McMurry, J., 2001. *Οργανική Χημεία*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 185
21. Mylonas, C., Kouretas, D., 1999. *Lipid peroxidation and tissue damage*. In Vivo 1999, 13 (3): 295-309
22. Negbi M., 1999. *Saffron - Crocus sativus L., Medicinal and aromatic plants* Industrial profiles. Hardwood academic publishers
23. Ordoudi, S., Tsimidou, M., 2004. *Saffron Quality: effect of agricultural practices, processing and storage*. In: Production practices and quality

- assessment of food crops. Dris R., Jain S.M. Eds., Kluver Academic Publishers, Volumen 1, pp 209-260
24. Rios, J. L., Recio M.C., Gner R.M., Manez S., 1996. *An update review of saffron and its active constituents*. *Phytotherapy Research*, 10:189-193
  25. Sampathu, S.R., Shivashankar, S., Lewis, Y.S., 1984. *Saffron (Crocus sativus L.): Cultivation, processing, chemistry and standardization*. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* , 20, pp. 123-157
  26. Saxena R.B., 2010. *Botany, Taxonomy and Cytology of Crocus sativus series*, *Pharm. Review*, Vol. 31(3) pp. 374-381
  27. Scalbert A., Williamson G. 2000. *Dietary intake and bioavailability of polyphenols*. *J. Nutr.* 2000, 130: 2073S-2085S
  28. Shahi, T.; Assadpour, E. & Jafari, S. M., 2016. *Main chemical compounds and pharmacological activities of stigmas and tepals of 'red gold'; saffron*. *Trends in Food Science & Technology* 58, 69 – 78
  29. Simopoulos, A. P., 2004. *The traditional diet of Greece and cancer*. *European Journal of Cancer Chemoprevention* 2004, 13:219-230
  30. Tarantilis P., Tsoupras G., and Polissiou M., 1999. *Determination of saffron (Crocus sativus L.) components in crude plant extract using high - performance liquid chromatography - UV/ Visible photodiode - array detection - mass spectrometry*. *Chromatogr.*, 699 (1995)107
  31. Tarantilis P., Tsoupras G., and Polissiou M., 1995. *Determination of saffron (Crocus sativus L.) components in crude plant extract using high - performance liquid chromatography - UV/ Visible photodiode - array detection - mass spectrometry*. *Chromatogr.*, 699 (1995)107
  32. Tarantilis, P.A., Morjani, H., Polissiou M., Manfait, M. 1994. *Inhibition of growth and induction of differentiation of promyelocytic leukemia by carotenoids from Crocus sativus L*. *Anticancer Research* 1994a, 14, 1913-1918
  33. Tarantilis, P. A., Polissiou M. and Manfait M., 1994. *Separation of picrocrocin, cistranscrocins and safranal of saffron using high-performance liquid chromatography with photodiodearray detection*. *Journal of Chromatography A* Vol. 664 pp.55–61
  34. Tsimidou, M., Tsatsaroni, E., 1993. *Stability of saffron pigments in aqueous extracts*. *J. Food Sci.* 58, 1073-1075

35. Urquiaga, I., Leighton, F., 2000. *Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress*. Biological Research, (2), 33
36. White, B., 2009. *White Book: Saffron in Europe*. Διαθέσιμο στο: <http://www.europeansaffron.eu/archivos/White%20book%20english.pdf>, p 26-30 [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
37. Williams, R.J., Spencer, JPE., Rice-Evans, C., 2004. *Flavonoids: Antioxidants or signaling molecules*. Free Radical Biology & Medicine, 36 (7): 838-849
38. Winterhalter, P., Straubinger, M., 2000. *Saffron. Renewed interest in an ancient spice*. Food Rev. Int. 16, 39-59.

### Ελληνική βιβλιογραφία

1. Αναγκαστικός Συνεταιρισμός Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, Διαθέσιμο στο: <https://safran.gr/el/%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82/>
2. Βαρδαβάκης Μ., 1993. *Συστηματική Βοτανική, Τόμος Ι*. Εκδόσεις Δ.Κ. Σαλονικίδης, Θεσσαλονίκη.
3. Βαρδαβάκης Μ., Ζουζούλας Δ., 2001. *Μορφολογία και ανατομία φυτών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος
4. Γεωργακά, Γ., 2005. *Εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας in vitro καθαρών φυτικών φαινολικών ουσιών, εκχυλισμάτων και κλασμάτων των ελληνικών ποικιλιών αμπέλου Ασύρτικο και Μανδηλαριά Σαντορίνης: έλεγχος για πιθανή συνεργική δράση μεταξύ των φαινολικών ουσιών*. Διπλωματική εργασία [Online]. Λάρισα. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Διαθέσιμο στο: <https://core.ac.uk/download/pdf/132800163.pdf> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
5. Δαβίτη, Μ., 2018. *Μελέτη της επίδρασης του *Crocus sativus* L. (σαφράν) στη λειτουργικότητα των ενζύμων CYP2A6, Οξειδάση της Ξανθίνης (XO) και N-ακετυλοτρανσφεράσης-2 (NAT2) σε υγιείς εθελοντές*. Μεταπτυχιακή εργασία [Online]. Λάρισα. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Διαθέσιμο στο: <https://core.ac.uk/download/pdf/323472092.pdf> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
6. Δοδόπουλος Σ., 1976. *Καλλιέργεια και εμπορία του κρόκου*. Κοζάνη.
7. Ζερλέντης, Κ., 1981. *Συστηματική Βοτανική Μέρος 2<sup>ο</sup>*. Αγγειόσπερμα, Αθήνα

8. Ζυμάρα, Χ., 2016. *Καλλιέργεια του κρόκου στην Ελλάδα με έμφαση στο μηχανολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται* Πτυχιακή εργασία [Online]. Θεσσαλονίκη, Αλεξάνδρειο Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο στο: <http://eureka.teithe.gr/jspui/bitstream/123456789/12891/2/%CE%96%CF%85%CE%BC%CE%AC%CF%81%CE%B1.pdf> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
9. Καρασταμάτη, Π., 2014. *Επίδραση μεθόδων τεχνητής γήρανσης στο προφίλ των δευτερογενών μεταβολιτών του saffron*. Μεταπτυχιακή Διατριβή [Online]. Αθήνα. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διαθέσιμο στο <http://dspace.aua.gr/xmlui/handle/10329/6093> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
10. Καράταγλης, Σ. Σ., 1994. *Φυσιολογία Φυτών*. Art oftext, 391-407.
11. Κουτσός, Β., Θ., 2006. *Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
12. Παπαδημητρίου, Ο., 2016. *Οι αντικαρκινικές ιδιότητες του κρόκου Κοζάνης*. Πτυχιακή εργασία [Online]. Καλαμάτα, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου. Διαθέσιμο στο: <http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/17780/%CE%A0%CE%91%CE%A0%CE%91%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%97%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9F%CE%A5%20%CE%9F%CE%A5%CE%A1%CE%91%CE%9D%CE%99%CE%91.pdf> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
13. Παπαδοπούλου, Ε., 2019. *Αξιολόγηση βιοενεργών συστατικών σε εκχυλίσματα υποπροϊόντων κρόκου Κοζάνης και πιλοτική παραγωγή καινοτόμου σιροπιού με στέβια και μελισσόχορτο*. Πτυχιακή εργασία [Online]. Λήμνος. Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Διαθέσιμο στο: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/19809> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
14. Παπανικολάου, Κ., 2005. *Συμβατική και βιολογική καλλιέργεια του κρόκου στην περιοχή Κοζάνης*. Πτυχιακή εργασία [Online]. Βόλος. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Διαθέσιμο στο: <https://core.ac.uk/download/pdf/132800265.pdf> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]
15. Παπανικολάου, Η., Α., 1997. *KROKOS-SAFRAN*. Τυπογραφείο «ΜΕΛΙΣΣΑ», Θεσσαλονίκη.
16. Σταμπόλη, Ε., 2011. *Επίδραση των καιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια της συγκομιδής στις ποιοτικές παραμέτρους του Saffron κατά ISO3632*. Μεταπτυχιακή Διατριβή [Online]. Αθήνα. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διαθέσιμο στο <http://dspace.aua.gr/xmlui/handle/10329/3832> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]

17. Χατζοπούλου, Κ., 2017. *Παραγωγή και μεταποίηση του κρόκου Κοζάνης: Προοπτικές ανάπτυξης της καλλιέργειας*. Μεταπτυχιακή εργασία [Online]. Θεσσαλονίκη. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο στο <http://ikee.lib.auth.gr/record/295674?ln=el> [Πρόσβαση: Ιούλιος 2021]

#### **Δικτυακοί τόποι**

1. <https://el.wikipedia.org/>
2. <http://users.sch.gr/maritheodo/history-pi>
3. <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/>



