

«Χημεία με άρωμα γαρύφαλλου... που απωθεί!»



Η εργασία
πραγματοποιήθηκε
από μαθητές
Γυμνασίου.

Περιεχόμενα

Σκοπός έρευνας -Καθορισμός προβλήματος	σελ.3
Βιβλιογραφική ανασκόπηση	σελ.4
Μεθοδολογία	σελ.8
Πειραματική διαδικασία	σελ.11
Αποτελέσματα	σελ.14
Συμπεράσματα	σελ.20
Εισηγήσεις/Επόμενα βήματα	σελ.22
Δεξιότητες που αποκτήθηκαν	σελ.23
Βιβλιογραφία	σελ.24
Παράρτημα	σελ.26

Σκοπός έρευνας -Καθορισμός προβλήματος

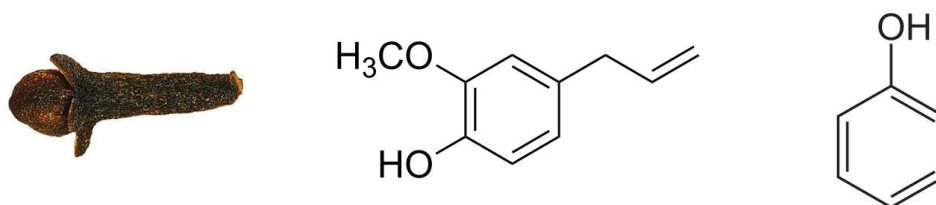
Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η απομόνωση της ευγενόλης, της κύριας αρωματικής ένωσης του γαρύφαλλου, μέσω απόσταξης και εκχύλισης και η μελέτη της δράσης της ως φυσικό αντομοαπωθητικό και μέσο καταπολέμησης των ασθενειών που προκαλούνται στα φυτά από μύκητες, βακτήρια ή έντομα, αλλοιώνοντας την επιφάνειά τους.

Μέσα από την έρευνα αυτή, οι μαθητές/τριες είχαν την δυνατότητα να συνδέσουν τη Χημεία με την καθημερινή ζωή, να ανακαλύψουν πως η Χημεία επιτρέπει την ανάκτηση φυσικών ουσιών από φυτικά υλικά, συμβάλλοντας στην παραγωγή φυσικών αρωμάτων, φαρμακευτικών προϊόντων και καλλυντικών, να κατανοήσουν τη μοριακή δομή της ευγενόλης, αλλά και να προβληματιστούν για το πώς η επιστήμη μπορεί να υπηρετεί τον άνθρωπο και το περιβάλλον με καινοτόμους αλλά βιώσιμους τρόπους. Οι πειραματικές αυτές διαδικασίες αναδεικνύουν τη συμβολή της Χημείας στην Πράσινη Τεχνολογία, καθώς η ευγενόλη προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (γαρύφαλλο) και μπορεί να αντικαταστήσει τα συνθετικά αρώματα που επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Επιπλέον, η εφαρμογή της ευγενόλης στην αγροτική παραγωγή εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο της Πράσινης Χημείας, η οποία επιδιώκει την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης και την εφαρμογή φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών. Ενδιαφέρον είναι και το γεγονός πως η προσέγγιση αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα «μυρωδάτο» εργαστηριακό πείραμα που μπορεί να αντικαταστήσει τα υφιστάμενα πειράματα Χημείας στις σχολικές τάξεις γυμνασίων. Η απομόνωση της ευγενόλης αποτελεί ιδανικό πείραμα για την εισαγωγή μαθητών/τριών στην ενότητα της Οργανικής Χημείας, σε μικρή ηλικία, την οποία θα διδαχθούν σε μελλοντικό χρόνο στο σχολείο, αναπτύσσοντας την κριτική τους σκέψη και την ικανότητα τους να συνδέουν τη βιώσιμη αξιοποίηση της με την καθημερινότητα.

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η ευγενόλη (εικόνα 1) είναι μια φαινολική ένωση με χαρακτηριστικό άρωμα, που βρίσκεται κυρίως στο αιθέριο έλαιο του γαρύφαλλου. Χρησιμοποιείται ευρέως στη φαρμακευτική, την αρωματοποιία και την κοσμετολογία λόγω των αντιμικροβιακών, αντιφλεγμονωδών και αναισθητικών της ιδιοτήτων. Η απομόνωσή της αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος τόσο για την Οργανική Χημεία όσο και για τη βιομηχανική εφαρμογή φυσικών προϊόντων. [1]

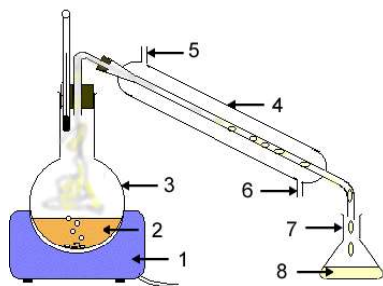


Εικόνα 1. Αριστερά: γαρύφαλλο [2] , Κέντρο: χημική δομή της ευγενόλης, αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου [3], Δεξιά: Χημική δομή φαινόλης. [4]

Από την αρχαιότητα, χρησιμοποιούσαν το γαρύφαλλο ως αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό στην Ινδία, την Κίνα και τον αραβικό κόσμο. Οι θεραπευτικές του ιδιότητες αποδίδονταν στο έντονο άρωμα και την αναλγητική δράση του. Αν και η ευγενόλη δεν είχε απομονωθεί ως καθαρή ένωση, η χρήση ελαίων γαρύφαλλου στην παραδοσιακή ιατρική ήταν διαδεδομένη για την αντιμετώπιση του πονόδοντου και των φλεγμονών. Στα μέσα του 19ου αιώνα, οι χημικοί άρχισαν να απομονώνουν και να χαρακτηρίζουν τις πτητικές ενώσεις των αιθέριων ελαίων, όπου ταυτοποιήθηκε και η ευγενόλη ως η κύρια δραστική ένωση του ελαίου γαρύφαλλου, με φαινολική δομή (εικόνα 1) και χαρακτηριστικό άρωμα. [5]

Η ευγενόλη ($M.T.C_{10}H_{12}O_2$) αποτελεί αρωματική ένωση, που εκτός από τη φαινολική ομάδα, περιέχει και άλλες πλευρικές αλυσίδες. Η παρουσία της φαινόλης προσδίδει οξύτητα και δυνατότητα σχηματισμού υδρογονικών δεσμών, ενώ η πλευρική ομάδα επηρεάζει τη λιποφιλικότητα και τη βιοδραστικότητα της ένωσης.

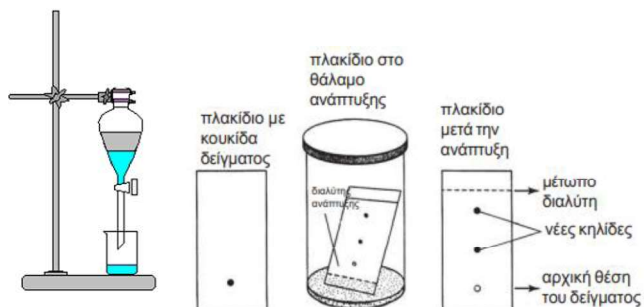
Η πιο κοινή μέθοδος απομόνωσης της ευγενόλης είναι η απλή απόσταξη, η οποία επιτρέπει την απομόνωση πτητικών ενώσεων από φυτικά υλικά. Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου της απλής απόσταξης φαίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 2. Πειραματική διάταξη απλής απόσταξης. (1: ηλεκτρικός μανδύας για θέρμανση, 2: μίγμα για διαχωρισμό, 3: ογκομετρική φιάλη με απαγωγό σωλήνα με πώμα και θερμόμετρο, 4: ψυκτήρας, 5: έξοδος νερού, 6: είσοδος νερού, 7: απόσταγμα, 8: δοχείο συλλογής αποστάγματος – κωνική φιάλη [6])

Η απλή απόσταξη [7] είναι μια βασική τεχνική διαχωρισμού υγρών μιγμάτων, που βασίζεται στη διαφορά των σημείων βρασμού των συστατικών. Στην παρούσα μελέτη η ευγενόλη έχει σημείο ζέσεως $254\text{ }^{\circ}\text{C}$ ενώ το νερό $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, άρα εύκολα μπορούν να διαχωριστούν με απόσταξη, αφού η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν τα υγρά έχουν σημαντική διαφορά στο σημείο βρασμού (τουλάχιστον $25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Το συστατικό με το χαμηλότερο σημείο βρασμού εξαερώνεται πρώτο. Οι ατμοί οδηγούνται σε ψυκτήρα, όπου υδροποιούνται και το υγρό συλλέγεται σε καθαρό δοχείο ως απόσταγμα. Στην περίπτωση της απόσταξης ευγενόλης από γαρύφαλλα, συλλέγονται ατμοί που περιέχουν αιθέρια έλαια και νερό και διαχωρίζεται η ευγενόλη μέσω εκχύλισης με οργανικό διαλύτη (π.χ. αιθανόλη, διαιθυλαιθέρα). Το απόσταγμα είναι πλούσιο σε ευγενόλη (85–90% του αιθέριου ελαίου), αλλά μπορεί να έχει και άλλα επιπλέον συστατικά, όπως παράγωγα ευγενόλης με παρόμοια δράση, ουσίες με αντιοξειδωτικές ιδιότητες που ενισχύουν την άμυνα του οργανισμού καθώς και ουσίες με αντικαρκινικές και αντιμικροβιακές δράσεις. [8][9]

Η εκχύλιση αποτελεί μια τεχνική διαχωρισμού που χρησιμοποιείται για την απομόνωση μιας ουσίας από ένα μίγμα, βασισμένη στη διαλυτότητα της ουσίας σε έναν συγκεκριμένο διαλύτη (εικόνα 3). Εκχύλιση μπορεί να πραγματοποιηθεί για τον διαχωρισμό ενώσεων μεταξύ δύο μη αναμίξιμων υγρών (συνήθως νερό και οργανικός διαλύτης όπως διαιθυλαιθέρας) και για διαχωρισμό διαλυτών ουσιών από στερεά φυτικά υλικά (π.χ. γαρύφαλλο με αιθανόλη ή εξάνιο). [10]



Εικόνα 3. Αριστερά: Διαχωριστική χοάνη που δείχνει τον διαχωρισμό 2 μη αναμειγμένων υγρών. [11] Δεξιά: Πλακίδιο TLC πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ανάπτυξη με τον διαλύτη ανάπτυξης [12]

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε αρχικά απόσταξη για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου και στη συνέχεια εκχύλισή του από το μείγμα του με νερό που συνυπήρχαν στο απόσταγμα. Η διαδικασία εκχύλισης της ευγενόλης είναι απλή και περιλαμβάνει την ανάμιξή του με οργανικό διαλύτη, ανακίνηση μίγματος, διαχωρισμό φάσεων με χρήση διαχωριστικής χοάνης και τέλος την απομάκρυνση του διαλύτη με εξάτμιση ή απόσταξη. [13]

Για την ταυτοποίηση της παραγόμενης ευγενόλης πραγματοποιήθηκαν δύο χημικές δοκιμές: σύγκριση της παραγόμενης ευγενόλης με ευγενόλη εμπορίου και αντίδρασή της με διάλυμα χλωριούχου σιδήρου (III).

Στη χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC) (εικόνα 3), το δείγμα τοποθετείται σε μικρές κηλίδες κοντά στη βάση ενός πλακιδίου (στατική φάση), το οποίο μπορεί να είναι είτε ειδικό χαρτί για χρωματογραφία είτε διηθητικό χαρτί. Το πλακίδιο τοποθετείται κατακόρυφα μέσα σε δοχείο που περιέχει την κινητή φάση (διαλύτη), με τρόπο ώστε η στάθμη του διαλύτη να βρίσκεται χαμηλότερα από το σημείο εφαρμογής του δείγματος. Το δοχείο πρέπει να είναι κορεσμένο με ατμούς του διαλύτη, ώστε να εξασφαλίζεται ομαλή ανάπτυξη. Ο διαλύτης ανέρχεται στο προσροφητικό μέσο λόγω τριχοειδών φαινομένων, μέχρι να φτάσει στη γραμμή που ορίζει το μέτωπο του διαλύτη και στη συνέχεια αφήνεται να εξατμιστεί στον αέρα. Καθώς ο διαλύτης κινείται προς τα πάνω, συμπαρασύρει τις ουσίες του μίγματος. Δεν πρέπει όμως να φτάσει στο άνω άκρο του πλακιδίου, διότι οι κηλίδες θα διαχυθούν και οι ουσίες που ακολουθούν στενά το μέτωπο του διαλύτη και μπορεί να αναμειχθούν και να ξεφύγουν από το πλακίδιο. Ο διαχωρισμός των συστατικών βασίζεται στη διαφορετική ισχύ αλληλεπίδρασής τους με τις δύο φάσεις: την κινητή και τη στατική. Έτσι, οι πιο πολικές ουσίες μετακινούνται αργά ή παραμένουν σχεδόν ακίνητες στο προσροφητικό μέσο, ενώ οι άπολες ουσίες μετακινούνται πιο γρήγορα, ιδιαίτερα όταν η κινητή φάση είναι άπολη. [14]

Η ταυτοποίηση της ευγενόλης μπορεί να επιτευχθεί και μέσω χημικής αντίδρασής της με διάλυμα χλωριούχου σιδήρου(III) (FeCl_3). Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως η χαρακτηριστική φαινολική ομάδα που έχει στο μόριο της σχηματίζει ένα σύμπλοκο με έντονο χρώμα, συνήθως ιώδες ή μπλε-ιώδες (εικόνα 4) μαζί με το διάλυμα αυτό.



Εικόνα 4. Χρώμα φαινολικού συμπλόκου που σχηματίζεται κατά την αντίδραση φαινολικής ένωση και χλωριούχου σιδήρου(III). [15]

Αυτή η αντίδραση χρησιμοποιείται ως ποιοτική μέθοδος ανίχνευσης της παρουσίας φαινολικών ομάδων σε μια ένωση. Ο χημικός τύπος του συμπλόκου (εξαφαινυλοσιδηρικό ιόν), που σχηματίζεται είναι ο ακόλουθος: $[\text{Fe}(\text{OC}_6\text{H}_5)_6]^{3-}$. Το ακριβές χρώμα μπορεί να διαφέρει (π.χ. κόκκινο, πράσινο, μπλε, μωβ) ανάλογα με τη συγκεκριμένη δομή της φαινολικής ένωσης και η ακριβής σύνθεση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το pH και τη συγκέντρωση (συνθήκες της αντίδρασης). Πρέπει να σημειωθεί ότι η αντίδραση πρέπει να πραγματοποιείται σε ουδέτερο ή ελαφρώς όξινο περιβάλλον, καθώς σε αλκαλικό pH μπορεί να σχηματιστεί υδροξείδιο του σιδήρου(III), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (καφέ ίζημα), το οποίο παρεμποδίζει την ανίχνευση και ταυτοποίηση της ευγενόλης. [16]

Η ευγενόλη αποτελεί μια φυσική ένωση με σημαντικές φαρμακευτικές και βιολογικές ιδιότητες. Χρησιμοποιείται ευρέως στην οδοντιατρική λόγω της αναλγητικής και αντιφλεγμονώδους δράσης της, καθώς μειώνει τον πόνο και τη φλεγμονή σε σκευάσματα για πονόδοντο και στοματικά διαλύματα. Η αντιμικροβιακή της δράση την καθιστά χρήσιμη τόσο σε προϊόντα απολύμανσης και στοματικής υγιεινής όσο και ως φυσικό συντηρητικό τροφίμων. Επιπλέον, αξιοποιείται ως αρωματική ουσία σε τρόφιμα, ποτά, αρώματα και καλλυντικά, χάρη στο χαρακτηριστικό άρωμα γαρύφαλλου. Παράλληλα, παρουσιάζει εντομοκτόνες και εντομοαπωθητικές ιδιότητες, επηρεάζοντας το νευρικό σύστημα των εντόμων και αναστέλλοντας ένζυμα απαραίτητα για τη λειτουργία τους. Επειδή προέρχεται από φυτικές πηγές και έχει χαμηλή τοξικότητα για τον άνθρωπο όταν χρησιμοποιείται σωστά, θεωρείται μια πιο φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική σε σχέση με τα συνθετικά εντομοκτόνα. [17][18]

Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε η διαδικασία απομόνωσης και συλλογής ευγενόλης από γαρύφαλλα, μέσω διαδικασίας απόσταξης και εκχύλισης και η παρασκευή φυσικού απωθητικού με το αιθέριο έλαιο για απομάκρυνση εντόμων και μελέτη επίδρασης της σε επιφάνειες φύλλων που έχουν προσβληθεί από ασθένειες εντόμων σε σχολικό χώρο. Η εργασία χωρίζεται σε 3 στάδια. Στο Στάδιο Α απομονώθηκε με απλή απόσταξη η ευγενόλη και στο στάδιο Β πραγματοποιήθηκε εκχύλιση για καθαρισμό του αποστάγματος με χρήση διαλύτη, καθώς και πειραματικές δοκιμές ταυτοποίησης της ευγενόλης. Στο τελευταίο στάδιο Γ χρησιμοποιήθηκε η παραγόμενη ευγενόλη για δοκιμή της της εντομοαπωθητικής δράσης της σε ειδικό σκεύασμα που παρασκευάστηκε.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ερωτηματολόγιο με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τη γνώση του κοινού σχετικά με το αιθέριο έλαιο ευγενόλη, τη διαδικασία παραλαβής του από το γαρύφαλλο και την αξιοποίησή του σε διάφορες εφαρμογές. Το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε σε ψηφιακή μορφή, για εύκολη διανομή και συλλογή δεδομένων. Κοινοποιήθηκε σε μαθητές/τριες, καθηγητές/τριες, γονείς, καθώς και σε άλλους εμπλεκόμενους φορείς της κοινότητας. Η συμμετοχή στην έρευνα ήταν εθελοντική και με ανώνυμη παροχή απαντήσεων, προκειμένου να υπάρχει αυθεντικότητα και ειλικρίνεια δεδομένων. Δίνεται πιο κάτω ο σύνδεσμος του ερωτηματολογίου:

<https://forms.gle/LWC1RhDpt4yLezze7>

και αυτούσιο το ερωτηματολόγιο παρατίθεται παρακάτω:

Ερωτηματολόγιο : Η Ευγενόλη και οι χρήσεις της

1. Γενικές πληροφορίες (κυκλώστε ανάλογα)

1.1. Ηλικία: 12-17 18-25 26-35 36-45 46 και άνω

1.2. Φύλο : Άντρας Γυναίκα

1.3. Εκπαίδευση :

Μέση εκπαίδευση Ανώτερη Εκπαίδευση Μεταπτυχιακές σπουδές

2. Από ποιο φυτό νομίζετε προέρχεται η ευγενόλη;

α) Λεβάντα β) Γαρύφαλλο γ) Μέντα δ) Θυμάρι

3. Ποια είναι η κύρια μέθοδος για την απομόνωση της ευγενόλης;

α) Απόσταξη με ατμό β) Ηλεκτρόλυση γ) Ζύμωση δ) Χρωματογραφία

4. Τι είδους ένωση είναι η ευγενόλη;

α) Οξείδιο β) Αλκοόλη γ) Αρωματική ένωση δ) Εστέρας

5. Ποια από τις παρακάτω ιδιότητες ΔΕΝ έχει η ευγενόλη;

α) Αντιμικροβιακή β) Εντομοαπωθητική γ) Καρκινογόνος δ) Αρωματική

6. Ποια από τις παρακάτω ουσίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυσικό απωθητικό εντόμων;

α) Ευγενόλη β) Νάτριο γ) Αμμωνία δ) Οξικό οξύ

7. Ποια επιστήμη βοηθά στην ανάκτηση φυσικών ουσιών από φυτικά υλικά;

α) Βιολογία β) Χημεία γ) Γεωγραφία δ) Μαθηματικά

8. Ποια είναι η σημασία της εκχύλισης στη χημεία;

- α) Διαχωρίζει τα μέταλλα από τα οξέα β) Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
γ) Μετατρέπει υγρά σε στερεά δ) Δημιουργεί νέες ενώσεις

9. Ποια από τις παρακάτω εφαρμογές ΔΕΝ σχετίζεται με την ευγενόλη;

- α) Παρασκευή καλλυντικών β) Παρασκευή φυσικών αρωμάτων
γ) Παρασκευή πλαστικών δ) Παρασκευή φαρμακευτικών προϊόντων

10. Ποια από τις παρακάτω ασθένειες μπορεί να καταπολεμηθεί με τη χρήση ευγενόλης;

- α) Μυκητολογικές ασθένειες β) Καρδιοπάθειες
γ) Οστεοπόρωση δ) Ακμή

11. Ποιο είναι το πλεονέκτημα της χρήσης φυσικών ουσιών έναντι των συνθετικών;

- α) Είναι πιο ακριβές β) Είναι πιο τοξικές
γ) Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον δ) Έχουν μικρότερη αποτελεσματικότητα

ΤΕΛΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Πειραματική διαδικασία

**** Σημείωση:** Κατά τις εργαστηριακές δοκιμές τηρήθηκαν όλοι οι κανόνες ασφαλείας του εργαστηρίου Χημείας (εργαστηριακή ποδιά, προστατευτικά γυαλιά)

Στάδιο Α : Απομόνωση ευγενόλης με απλή απόσταξη

Όργανα και Υλικά:

- Στεγνά γαρύφαλλα (10–15 g)
- Απεσταγμένο νερό 200 mL
- Σφαιρική φιάλη απόσταξης με απαγωγό
- Ψυκτήρας με ενσωματωμένα λάστιχα για επαναρροή
- Κωνική φιάλη με πώμα (δοχείο συλλογής αποστάγματος)
- Θερμόμετρο
- Λύχνος αιθανόλης
- Στήριγμα – ορθοστάτης
- Μπουκαλάκια για φύλαγμα
- Κομματάκια πορσελάνης

Πειραματική πορεία: Τα γαρύφαλλα τοποθετήθηκαν στην σφαιρική φιάλη μαζί με 100 mL απεσταγμένου νερού και μικρά κομματάκια πορσελάνης. Με τη βοήθεια ορθοστάτη συναρμολογήθηκε η συσκευή απόσταξης. Εφαρμόστηκε θερμόμετρο στη σφαιρική φιάλη κοντά στην έξοδο των ατμών. Το μίγμα θερμάνθηκε μέχρι το σημείο βρασμού και οι ατμοί του αποστάγματος συλλέχθηκαν στην κωνική φιάλη.

Παρατηρήσεις: * Το σημείο βρασμού του μίγματος ήταν 100 °C, αλλά η θερμοκρασία που συλλέχθηκαν οι πρώτες σταγόνες αποστάγματος ήταν 97 °C. *Το μίγμα στη φιάλη αρχικά ήταν άχρωμο αλλά σταδιακά αποκτούσε σκούρο καφέ χρώμα. *Οι ατμοί (νερού και ευγενόλης) πέρασαν στον ψυκτήρα όπου υγροποιήθηκαν και συλλέχθηκαν στην κωνική φιάλη. *Συλλέχθηκαν περίπου 10 ml αποστάγματος που περιέχει ευγενόλη διαλυμένη στο νερό.

Στάδιο Β

Όργανα και Υλικά:

- Απόσταγμα ευγενόλης (από Στάδιο Α)
- Διάλυμα αιθανόλης 100 mL
- Άνυδρο θειϊκό νάτριο (μικρή ποσότητα για ξήρανση)

- Διαχωριστική χοάνη
- Ποτήρια ζέσεως 50 και 100 mL
- Δοκιμαστικοί σωλήνες
- Χωνί
- Διηθητικό χαρτί
- Διάλυμα χλωριούχου σιδήρου (III)
- Ευγενόλη εμπορίου
- Σταγονόμετρα
- Χάρακας

I) Εκχύλιση ευγενόλης με αιθανόλη

Πειραματική πορεία: Το απόσταγμα μεταφέρθηκε σε διαχωριστική χοάνη μαζί με 10 ml αιθανόλης. Ανακινήθηκε καλά και αφέθηκε σε ηρεμία μέχρι τον διαχωρισμό δύο στιβάδων. Με προσοχή διαχωρίστηκαν οι στιβάδες σε ξεχωριστές κωνικές φιάλες. Στην οργανική στιβάδα προστέθηκε μικρή ποσότητα άνυδρου θειϊκού νατρίου. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε διήθηση και θέρμανση του διηθήματος.

Παρατηρήσεις: * Σχηματισμός 2 στιβάδων: πάνω το νερό (υδατική) και κάτω η ευγενόλη με την αιθανόλη (οργανική) * Στον ηθμό παρέμεινε το λευκό θειϊκό νάτριο και στο διήθημα πέρασε το διάλυμα αιθέριου ελαίου με αιθανόλη με καφέ χρώμα. *Ατμοί διαλύτη μετά την θέρμανση.

II) Ταυτοποίηση ευγενόλης με:

α) Χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας TLC: Σε διηθητικό χαρτί (στατική φάση) σχεδιάστηκε με μολύβι η γραμμή τοποθέτησης των δειγμάτων και η γραμμή του μετώπου του διαλύτη και τοποθετήθηκαν τα δύο σημεία: ένα από το δείγμα της ευγενόλης που παρασκευάστηκε και ένα από την ευγενόλη εμπορίου σε απόσταση 1 cm περίπου μεταξύ τους. Το χαρτί τοποθετήθηκε σε ποτήρι ζέσεως που περιείχε διαλύτη αιθανόλη (κινητή φάση), έτσι ώστε το κάτω άκρο του χαρτιού να ήταν βυθισμένο στον διαλύτη, αλλά η γραμμή με το δείγμα να βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του υγρού. Το ποτήρι καλύφθηκε και μόλις ο διαλύτης έφτασε στην κορυφή του χαρτιού (γραμμή μετώπου), η διαδικασία σταμάτησε. Το χαρτί αφαιρέθηκε, αφέθηκε να στεγνώσει και έγινε εντοπισμός των ουσιών.

Παρατηρήσεις: * Καθώς ο διαλύτης ανέβαινε παράσερνε τα σημεία με τα δείγματα μαζί του *Τα δύο δείγματα εμφάνισαν την ίδια κηλίδα παρόμοιου χρώματος και ταξίδεψαν την ίδια απόσταση στο χαρτί.

β) Αντίδραση με διάλυμα χλωριούχου σιδήρου (III), FeCl_3 : Τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα μικρή ποσότητα ευγενόλης αραιωμένη με νερό σε δοκιμαστικό σωλήνα και προστέθηκε κατά σταγόνες διάλυμα χλωριούχου σιδήρου (III), FeCl_3 .

Παρατηρήσεις: *Το διάλυμα του FeCl_3 είχε καφεκίτρινο χρώμα. *Με την προσθήκη σταγόνων του FeCl_3 στο αραιωμένο διάλυμα ευγενόλης, απέκτησε σκούρο ιώδες-μπλε χρώμα.

Στάδιο Γ: Όργανα και Υλικά:

- ευγενόλη (10 – 15 σταγόνες)
- Ποτήρι ζέσεως 100 mL
- Φιαλίδιο φύλαξης – μπουκαλάκι
- Φύλλα και κομματάκια επιφανειών με έντομα (π.χ. κουνούπια, μυρμήγκια).
- Απεσταγμένο νερό
- Πράσινο σαπούνι (1 κουταλάκι)
- Σπάτουλα (ή κουταλάκι)

A) Παρασκευή φυσικού εντομοκτόνου με βάση την ευγενόλη - Πειραματική πορεία: Στο ποτήρι ζέσεως αναμείχθηκαν 50 mL νερό με το πράσινο σαπούνι. Προστέθηκαν 10-15 σταγόνες ευγενόλης και ανακινήθηκε καλά το μίγμα. Ψεκάστηκαν με το μίγμα απευθείας οι επιφάνειες με τα έντομα (φύλλα). Παρατηρήθηκε ο χρόνος απομάκρυνσης των εντόμων.

Παρατηρήσεις: *Σχηματισμός γαλακτώματος με σκούρο καφέ χρώμα. *Μερική ανάμιξη των υλικών (ετερογενές μίγμα – γαλάκτωμα)

B) Εφαρμογή του προϊόντος σε φύλλα και έδαφος -Πειραματική πορεία: Εφαρμόστηκε το προϊόν ευγενόλης στα προσβεβλημένα φύλλα και καταγράφηκαν οι παρατηρήσεις σε πίνακα μετά από διάστημα ενός μήνα.

Παρατηρήσεις (μετά από 1 μήνα): *Τα φύλλα απέκτησαν λεία και λαμπερή υφή. * Απομακρύνθηκαν όλα τα υπολείμματα που υπήρχαν στην επιφάνεια τους (πιθανώς μύκητες, εκκρίσεις εντόμων ή άλλες προσβολές).

Αποτελέσματα

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε σε τρία στάδια, τα οποία οδήγησαν στην επιτυχή απομόνωση της ευγενόλης από γαρύφαλλα και την αξιοποίησή της για την παρασκευή φυσικού εντομοαπωθητικού σκευάσματος. Παράλληλα, μέσω της διανομής ερωτηματολογίου, συλλέχθηκαν δεδομένα σχετικά με τη γνώση και τις απόψεις της σχολικής και ευρύτερης κοινότητας για το αιθέριο έλαιο ευγενόλη και τις εφαρμογές του.

Τα αποτελέσματα που ακολουθούν παρουσιάζονται για κάθε στάδιο ξεχωριστά:

Κατά στο Στάδιο Α που αφορούσε την απόσταξη των γαρυφάλλων (εικόνα 5), συλλέχθηκε το αιθέριο έλαιο που περιέχει ευγενόλη. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε με απλή απόσταξη, βασισμένη στο διαφορετικό σημείο βρασμού των συστατικών του μίγματος. Συγκεκριμένα, το Σ.Ζ. της ευγενόλης είναι $\sim 254^{\circ}\text{C}$, ενώ του νερού 100°C , γεγονός που τις καθιστά κατάλληλες για διαχωρισμό μέσω απλής απόσταξης. [19] Η θέρμανση πραγματοποιήθηκε με προσοχή και τα κομματάκια πορσελάνης συνέβαλαν σε ομαλό βρασμό κατά τη θέρμανση του μίγματος, μειώνοντας τον κίνδυνο ατυχημάτων. (εικόνα 5)



Εικόνα 5. Πάνω αριστερά: Γαρύφαλλα, Πάνω δεξιά: σφαιρική φιάλη απόσταξης με το μίγμα αποσταγμένου νερού και γαρύφαλλων. Κάτω: Συσκευή απόσταξης ευγενόλης.



Η θερμοκρασία που καταγράφηκε στο θερμόμετρο της συσκευής αυξανόταν σταδιακά μέχρι που σταθεροποιήθηκε κάτω από τους 100 °C, συγκεκριμένα στους 97 °C (εικόνα 6-Παράρτημα), όπου και εμφανίστηκαν και οι πρώτες σταγόνες αποστάγματος (εικόνα 7-Παράρτημα). Αυτό συμβαίνει κατά την απόσταξη πτητικών υγρών, στο σημείο ζέσεων του αποστάγματος να διαφέρει από το Σ.Ζ. του πιο πτητικού συστατικού. Το μίγμα ευγενόλης και νερού δεν θεωρείται αζεοτροπικό γιατί δεν παρουσιάζει σταθερή σύσταση μεταξύ της υγρής και της αέριας φάσης κατά τη βρασμό. Αζεοτροπικό είναι ένα μίγμα δύο ή περισσότερων υγρών που έχει σταθερό σημείο βρασμού, η σύσταση του ατμού είναι ίδια με τη σύσταση του υγρού και δεν μπορεί να διαχωριστεί με απλή απόσταξη, γιατί συμπεριφέρεται σαν μία καθαρή ουσία. [20]

Η θερμοκρασία στην οποία αρχίζουν να συμπυκνώνονται οι ατμοί μπορεί να είναι χαμηλότερη ή υψηλότερη από το σημείο βρασμού της καθαρής ουσίας, ειδικά σε μίγματα. Σε απλή απόσταξη, η θερμοκρασία συλλογής είναι κοντά στο σημείο βρασμού της πιο πτητικής ουσίας, στη συγκεκριμένη περίπτωση του νερού. Στην διαδικασία της απλής απόσταξης το μίγμα βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τα επιμέρους συστατικά, λόγω της συνδυασμένης πίεσης ατμών. Άρα, οι σταγόνες του αποστάγματος συλλέγονται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο βρασμού της ευγενόλης. [21]

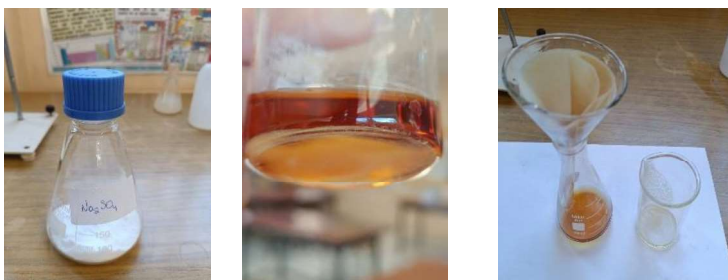
Οι πρώτες σταγόνες του αποστάγματος από μίγμα νερού και ευγενόλης ήταν θολές. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ελαφρώς διαλυτή στο νερό και έτσι κατά την απόσταξη, μικρές ποσότητες ευγενόλης μπορεί να παρασυρθούν με τους υδρατμούς και να σχηματίσουν γαλακτώματα ή μικροσταγονίδια στο απόσταγμα, προκαλώντας αυτή τη θολότητα. Καθώς προχωρούσε η απόσταξη και σταθεροποιήθηκε η θερμοκρασία, η σύσταση του αποστάγματος έγινε πιο καθαρή επιτρέποντας τη συλλογή διαυγούς αποστάγματος.



Εικόνα 8. Αλλαγές στο χρώμα του μίγματος στη σφαιρική φιάλη κατά τη θέρμανση.

Το χρώμα του μίγματος στη φιάλη κατά την θέρμανση άλλαξε βαθμιαία από ανοιχτό μπεζ-ανοικτό κίτρινο σε σκούρο καφέ (εικόνα 8). Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως καθώς το νερό εξατμίζεται, η ευγενόλη γίνεται πιο συμπυκνωμένη, και η πυκνότερη οργανική φάση έχει πιο σκούρο χρώμα. Όταν σταμάτησε η συλλογή αποστάγματος ακολούθησε το στάδιο Β κατά το οποίο προστέθηκαν στη σφαιρική φιάλη απόσταξης 20 ml αιθανόλης για να συλλεχθεί ποσότητα της ευγενόλης που παρέμεινε στα τοιχώματα της και να σχηματιστεί μίγμα αιθανόλης - ευγενόλης (εικόνα 9- Παράρτημα). Ακολούθησε εκχύλιση του μίγματος σε διαχωριστική χοάνη για να διαχωριστεί τυχόν ποσότητα νερού που παρέμεινε στην σφαιρική φιάλη απόσταξης, και στη συνέχεια προσθήκη αφυδατικού σώματος, θειϊκού νατρίου, (Na_2SO_4) [21] για να ενισχύσει την απομάκρυνση τη νερού που μπορεί να παρέμεινε στο μίγμα. Το θειϊκό νάτριο απομακρύνθηκε από το μίγμα με διήθηση (εικόνα 10).

Κατά την εκχύλιση του μίγματος αιθανόλης-ευγενόλης και νερού σχηματίστηκαν δύο στιβάδες. Η ευγενόλη σχηματίζει την κάτω στιβάδα, ενώ η αιθανόλη με το νερό την πάνω. Αυτό εξαρτάται από την πυκνότητα και την διαλυτότητα των συστατικών. Η ευγενόλη είναι ελαφρώς διαλυτή στο νερό και έχει πυκνότητα: περίπου 1.06 g/mL,[8], ενώ η αιθανόλη έχει 0.789 g/mL και το νερό 1.00 g/mL. Η αιθανόλη σχηματίζει με το νερό ομογενές μίγμα. Η ευγενόλη, λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητάς της σχηματίζει την κάτω στιβάδα. Η αιθανόλη και το νερό, που έχουν μικρότερη πυκνότητα, σχηματίζουν την πάνω στιβάδα. Αρχικά σχηματίστηκε γαλάκτωμα με την ανακίνηση, αλλά μετά από λίγο διαχωρίστηκαν ξανά σε δύο διακριτές στιβάδες.



Εικόνα 10. Διαδικασία προσθήκης αφυδατικού σώματος στο μίγμα και διήθηση για απομάκρυνσή του.

Η αιθανόλη επιλέχθηκε αντί για κάποιο άλλο οργανικό διαλύτη π.χ. διαιθυλαιθέρας. Χρησιμοποιήθηκε αιθανόλη για την εκχύλιση της ευγενόλης από γαρύφαλλο, η οποία αν και είναι πιο πολική και λιγότερο επιλεκτική από τον αιθέρα, είναι ασφαλέστερη και πιο κατάλληλη για σχολικό περιβάλλον. Είναι επίσης εύφλεκτη και θερμάνθηκε με προσοχή για την απομάκρυνσή της.

Κατά την ταυτοποίηση της ευγενόλης με την μέθοδο της χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας, χρησιμοποιήθηκε ευγενόλη εμπορίου για σύγκριση και ταυτοποίηση (δείγμα αναφοράς – 1). (Εικόνα 11 – Παράρτημα)



Εικόνα 12. Πορεία χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας. Τοποθέτηση των κηλίδων στο διηθητικό χαρτί της παραγόμενης ευγενόλης (δείγμα- sample) και της ευγενόλης του εμπορίου, ανάπτυξη διαλύτη και έλεγχος ταυτοποίησης του δείγματος.

Από την χρωματογραφία TLC (εικόνα 12) φαίνεται ότι παρουσιάζει το δείγμα μας ίδια συμπεριφορά με το δείγμα αναφοράς. Οι κηλίδες εμφανίζονται στην ίδια θέση και ίδιο ύψος (απόσταση από την αρχή) – δηλαδή ίδια τιμή R_f (αναλογία μετακίνησης) της κηλίδας του δείγματος με αυτή της πρότυπης ουσίας. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε πείραμα ταυτοποίησης πως χαρακτηριστικής ομάδας φαινόλης με

τη χρήση διαλύματος χλωριούχου σιδήρου (III), FeCl_3 . Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι οι φαινόλες σχηματίζουν χαρακτηριστικά χρωματιστά σύμπλοκα με τα ιόντα του σιδήρου.

Η αντίδραση αυτή χρησιμοποιείται συχνά ως ποιοτική δοκιμή για την αναγνώριση φαινολών, καθώς το χρώμα που προκύπτει είναι εύκολα ορατό και ιδιαίτερα χαρακτηριστικό. Σε διάλυμα που περιείχε αραιωμένη ευγενόλη προστέθηκαν σταγόνες διαλύματος χλωριούχου σιδήρου (III), όπου αμέσως εμφανίστηκε έντονο ιώδες/μοβ χρώμα, το οποίο αποτελεί χαρακτηριστική ένδειξη παρουσίας φαινολικών ομάδων, επιβεβαιώνοντας την παρουσία φαινόλης στο δείγμα. (εικόνα 13)



Εικόνα 13.
Ανίχνευση της
φαινολικής ομάδας
της ευγενόλης με
διάλυμα
χλωριούχου
σιδήρου (III), FeCl_3

Το Στάδιο Γ περιλάμβανε την παρασκευή του εντομοαπωθητικού, όπου η καθαρή ευγενόλη ενσωματώθηκε σε φυσικό σκεύασμα με βάση φυτικά έλαια, αιθανόλη και πράσινο σαπούνι (εικόνα 14 - Παράρτημα), το οποίο εφαρμόστηκε δοκιμαστικά σε σχολικό περιβάλλον, με δείγματα φύλλων από την αυλή του σχολείου. Οι πρώτες παρατηρήσεις έδειξαν θετικά αποτελέσματα στην απομάκρυνση παθογόνων οργανισμών από τα φύλλα. Στο Παράρτημα παρουσιάζεται ένας πίνακας (πίνακας 1 – Παράρτημα II) με τις δοκιμές που έγιναν σε διάφορα φύλλα φυτών και τον χρόνο που μελετήθηκαν για σύγκριση και καταγραφή αλλαγών που παρατηρήθηκαν. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε φύλλα που βρίσκονταν στο φυτό, για να ελεγχθούν τυχόν αρνητικές παρενέργειες. Για τον λόγο αυτό δεν ψεκάστηκαν απευθείας σε άνθη ή καρπούς που υπήρχε πιθανότητα να καταναλωθούν άμεσα. Τέλος, το προϊόν φυλάχθηκε σε δροσερό και σκοτεινό μέρος για να διατηρηθεί η δραστηριότητα των αιθέριων ελαίων. Το φως επηρεάζει αρνητικά τα αιθέρια έλαια,

προκαλώντας αλλοίωση της σύστασής τους και μείωση της αποτελεσματικότητάς τους. Τα αιθέρια έλαια είναι πτητικές και ευαίσθητες ενώσεις που εξάγονται από φυτά. Η έκθεσή τους στο φως, ειδικά στο ηλιακό φως, μπορεί να προκαλέσει χημικές αντιδράσεις που αλλοιώνουν τη δομή τους.

Ακολούθησε η διερεύνηση της επίδρασης της ευγενόλης σε φύλλα που είχαν προσβληθεί από παθογόνους οργανισμούς οι οποίοι σχετίζονται με έντομα. Ακολούθως τοποθετήθηκε γύρω από φυτά – θάμνους που παρουσίαζαν συσσώρευση μυρμηγκιών για να διερευνηθεί η απομάκρυνσή τους. Κατά την εφαρμογή του προϊόντος γύρω από θάμνο, όπου υπήρχε μεγάλη συγκέντρωση μυρμηγκιών, παρατηρήθηκε ότι απομακρύνθηκαν και δεν εμφανίστηκαν για το διάστημα του ενός μήνα (Εικόνα 15 – Παράρτημα). Το εντομοαπωθητικό με άρωμα ευγενόλης μπορεί να έχει εφαρμογή σε λαχανόκηπους και βιολογικές καλλιέργειες, σε εσωτερικούς χώρους για απώθηση κουνουπιών ή μυρμηγκιών και αποθηκευτικούς χώρους για προστασία από έντομα τροφίμων.

Παράλληλα, το ψηφιακό ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε σε μαθητές, εκπαιδευτικούς, γονείς και μέλη της κοινότητας, παρείχε πολύτιμα δεδομένα για την κατανόηση της υπάρχουσας γνώσης και στάσης απέναντι στην ευγενόλη και τις φυσικές μεθόδους απώθησης των εντόμων. Τα αποτελέσματα της έρευνας (τα δεδομένα βρίσκονται στο Παράρτημα III) παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια. Από τα δημογραφικά στοιχεία φαίνεται ότι η πλειονότητα των συμμετεχόντων γνώριζαν ότι η ευγενόλη προέρχεται από το γαρύφαλλο και γνώριζαν την ορθή μέθοδο απομόνωσής της. Αναγνώριζαν επίσης ότι είναι αρωματική ένωση με βασικό πλεονέκτημα το ότι είναι φιλική προς το περιβάλλον και δεν είναι επικίνδυνη. Σημαντικό αποτέλεσε το γεγονός πως η Χημεία αναγνωρίστηκε σχεδόν από όλους/ες ως η επιστήμη που ασχολείται με την ανάκτηση φυσικών ουσιών και πως η μέθοδος της εκχύλισης μπορεί να απομονώσει ουσίες από φυσικά υλικά. Τέλος, οι συμμετέχοντες έδειξαν καλή γνώση των πραγματικών χρήσεων της (φαρμακευτικά προϊόντα, αντιμικροβιακή δράση) και το είδος των ασθενειών που καταπολεμά.

Συμπεράσματα

Η απομόνωση της ευγενόλης από το γαρύφαλλο αποτελεί ένα εκπαιδευτικό πείραμα που συνδέει τη χημεία με την καθημερινή ζωή, προσφέροντας στους μαθητές/τριες τη δυνατότητα να κατανοήσουν τη μοριακή δομή της ουσίας και τη δράση της ως φυσικό αντομοσπαστικό και αντιμικροβιακό μέσο. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη συνοψίζονται στη συνέχεια:

Επιτυχής απομόνωση: Η ευγενόλη συλλέχθηκε μέσω απλής απόσταξης αιθέριου ελαίου, αξιοποιώντας τη διαφορά στα σημεία βρασμού νερού και ευγενόλης. Το μίγμα ευγενόλης–νερού δεν είναι αζεοτροπικό, γεγονός που επιτρέπει τον αποτελεσματικό διαχωρισμό με απλή απόσταξη.

Θολότητα πρώτων σταγόνων: Η αρχική θολότητα οφείλεται στη χαμηλή διαλυτότητα και πτητικότητα της ευγενόλης, η οποία παρασύρεται με τους υδρατμούς σχηματίζοντας γαλακτώματα ή μικροσταγονίδια. Με τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας, το απόσταγμα έγινε διαυγές, επιβεβαιώνοντας την ομαλή εξέλιξη της διαδικασίας.

Αλλαγή χρώματος μίγματος: Κατά την απόσταξη, το μίγμα στη φιάλη σκουραίνει καθώς μειώνεται η ποσότητα νερού και αυξάνεται η συγκέντρωση της ευγενόλης, η οποία έχει πιο σκούρο χρώμα.

Χρήση αιθανόλης: Η προσθήκη αιθανόλης διευκόλυνε τη συλλογή της ευγενόλης που είχε παραμείνει στα τοιχώματα της φιάλης, σχηματίζοντας μίγμα αιθανόλης–ευγενόλης. Η προσθήκη θειικού νατρίου (Na_2SO_4) ενίσχυσε την αφυδάτωση του μίγματος.

Ταυτοποίηση

Η ταυτοποίηση πραγματοποιήθηκε με TLC και αντίδραση με FeCl_3 :

- Το δείγμα ευγενόλης από γαρύφαλλα παρουσίασε ίδια τιμή R_f και ίδια θέση κηλίδας με την εμπορική ευγενόλη (δείγμα αναφοράς).

- Η αντίδραση με χλωριούχο σίδηρο (III) έδωσε έντονο ιώδες/μοβ χρωματισμό, χαρακτηριστικό των φαινολικών ενώσεων, επιβεβαιώνοντας την παρουσία φαινόλης.

Παρασκευή εντομοαπωθητικού

- Αποτελεσματικότητα
- Ασφάλεια εφαρμογής
- Εύκολη συντήρηση προϊόντος
- Ευρεία εφαρμογή

Συμπεράσματα από το ψηφιακό ερωτηματολόγιο

Κατανόηση της προέλευσής, των ιδιοτήτων και των χρήσεών της ευγενόλης. Λανθασμένες απαντήσεις δόθηκαν σε πιο εξειδικευμένες χημικές ερωτήσεις (π.χ. χημική κατηγορία, αντιδράσεις).

Ενίσχυση εκπαιδευτικού χαρακτήρα

Η διαδικασία βοήθησε στην ευαισθητοποίηση της σχολικής κοινότητας για τη σημασία των φυσικών προϊόντων και των αιθέριων ελαίων.

Σύνδεση επιστήμης και κοινωνίας

Το ερωτηματολόγιο αποτέλεσε σύνδεση ανάμεσα στην πειραματική εργασία και την κοινωνική αντίληψη, δίνοντας πρακτική αξία στο έργο.

Εισηγήσεις / επόμενα βήματα

Μερικές εισηγήσεις για την επόμενη φάση της εργασίας αυτής περιλαμβάνουν τη βελτίωση του δοκιμαστικού προϊόντος που παρουσιάστηκε με βάση την ευγενόλη, με στόχο την αξιοποίηση των αντιμικροβιακών και εντομοαπωθητικών της ιδιοτήτων. Το προϊόν θα μπορεί να δοκιμαστεί σε εξωτερικούς χώρους ώστε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά του σε πραγματικές συνθήκες. Δοκιμές μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διάφορα σχολεία στην Κύπρο, τα οποία έχουν κήπους, με τη συμμετοχή των μαθητών, ώστε να δουν πώς λειτουργεί στην πράξη. Παράλληλα, πολύ χρήσιμο είναι να διεξαχθεί έρευνα για πιθανές αλλεργικές αντιδράσεις, ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια χρήσης του. Για την πλήρη αξιολόγηση της ευγενόλης, μπορούν να πραγματοποιηθούν δοκιμές σε περισσότερα είδη φυτών που μπορεί να έχουν προσβληθεί από ασθένειες, και σε διαφορετικές συγκεντρώσεις ώστε να διαπιστωθεί η ευρύτητα της δράσης της. Μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες φυσικές ενώσεις, όπως η λεβάντα ή μέντα, για την ενίσχυση της δράσης της.

Η εργασία αυτή, μπορεί να παρουσιαστεί σε συνέδρια και σε εκδηλώσεις όπως η "Παγκόσμια Ημέρα Περιβάλλοντος", σε σχολικές εκθέσεις ή σε δράσεις του Δήμου ή της κοινότητας. Μέσω μιας μικρής παρουσίασης ή αφίσας για τους γονείς και τους κατοίκους της περιοχής, μπορεί να γίνει ενημέρωση για τη χρήση φυσικών προϊόντων στον κήπο. Επιπρόσθετα, μπορεί να ζητηθεί βοήθεια από γεωπόνους ή ερευνητές από το Πανεπιστήμιο Κύπρου ή το ΤΕΠΑΚ για να γίνουν πιο οργανωμένες δοκιμές και να δοθούν συμβουλές, ενισχύοντας τη διάχυση της γνώσης και την επιστημονική επικοινωνία.

Οι μελλοντικές προοπτικές περιλαμβάνουν τη μελέτη της μοριακής δράσης της ευγενόλης σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Επιπλέον, η έρευνα μπορεί να επεκταθεί σε φαρμακευτικές και καλλυντικές εφαρμογές, με πιθανό συνδυασμό της ευγενόλης με άλλα φυσικά υλικά όπως η λεβάντα και η μέντα. Τελικός στόχος είναι η δημιουργία ενός φυσικού σπρέι για χρήση στα φυτά, το οποίο θα λειτουργεί ως βιολογικό απωθητικό εντόμων, μειώνοντας την ανάγκη για χημικά φυτοπροστατευτικά. Με αυτόν τον τρόπο, η ευγενόλη συμβάλλει ενεργά στη βιωσιμότητα, προάγοντας πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον, ενισχύοντας την υγεία των οικοσυστημάτων και προωθώντας την κυκλική οικονομία μέσω της αξιοποίησης φυσικών πόρων.

Δεξιότητες

Η εργασία με θέμα την απομόνωση της ευγενόλης από το γαρύφαλλο και τη μελέτη της δράσης της ως φυσικό αντομοαπωθητικό και μέσο καταπολέμησης ασθενειών στα φυτά, έδωσε στους μαθητές/τριες την ευκαιρία να αναπτύξουν σημαντικές δεξιότητες, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Οι μαθητές/τριες εξοικειώθηκαν με βασικές πειραματικές τεχνικές, όπως η εκχύλιση και η απόσταξη, χρησιμοποιώντας απλά υλικά και εργαλεία, αλλά και επιπλέον τεχνικές χρωματογραφίας TLC και μεθόδους ανίχνευσης χαρακτηριστικών ομάδων σε μια ένωση. Έμαθαν να εργάζονται με ασφάλεια, να ακολουθούν οδηγίες και να παρατηρούν προσεκτικά τα στάδια ενός πειράματος. Μέσα από τη διαδικασία, ανέπτυξαν την ικανότητα παρατήρησης, την υπομονή και την προσοχή στις λεπτομέρειες. Παράλληλα, καλλιέργησαν ερευνητικές δεξιότητες, καθώς έπρεπε να αναζητήσουν πληροφορίες για τη χημική σύσταση της ευγενόλης, τη δράση της και τις εφαρμογές της. Κατάφεραν να συνδέσουν τη θεωρία με την πράξη και να εξάγουν συμπεράσματα βασισμένα σε πραγματικά δεδομένα. Επιπλέον αναπτύχθηκε η κριτική τους σκέψη, αφού ήρθαν σε επαφή με ενότητες εκτός του γνωστικού τους επιπέδου που θα έρχονταν σε επαφή στο Λύκειο. Ενισχύθηκε επίσης η ομαδική συνεργασία, καθώς δούλεψαν σε ομάδες, μοιράστηκαν ρόλους και ανέλαβαν ευθύνες. Μέσα από τη συνεργασία, αναπτύχθηκαν ικανότητες όπως επικοινωνία, αλληλοβοήθεια και ευκολία επίλυσης προβλημάτων. Επιπλέον, μέσα από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, οι μαθητές/τριες βελτίωσαν τις δεξιότητες προφορικής και γραπτής έκφρασης, καθώς έμαθαν να οργανώνουν τις σκέψεις τους, να παρουσιάζουν τα ευρήματά τους με σαφήνεια και να χρησιμοποιούν πίνακες, φωτογραφίες και διαγράμματα για να ενισχύσουν την επιχειρηματολογία τους.

Τέλος, η εργασία συνέβαλε στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών/τριών, καθώς τους έδειξε πώς φυσικές ουσίες, όπως η ευγενόλη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές λύσεις αντί των χημικών φυτοφαρμάκων. Κατανόησαν τη σημασία της βιολογικής γεωργίας και της προστασίας του περιβάλλοντος, αποκτώντας μια πιο οικολογική στάση απέναντι στη φύση.

Συνολικά, η εργασία αποτέλεσε μια πολύτιμη εκπαιδευτική εμπειρία, που συνδύασε τη γνώση με την πράξη και ενίσχυσε την αυτοπεποίθηση, τη δημιουργικότητα και την υπευθυνότητα των εμπλεκόμενων μαθητών/τριών.

Βιβλιογραφία

[1] Νίκος Δ.Πλατής (2003). «Γαρίφαλο (Γλωσσολ.), Γαρίφαλο (Μπαχ. Λεξιλ.)». Μπαχαρικό Λεξικό. Ελλάδα: Εκδόσεις Κέδρος Α.Ε. σελίδες 96, 97.

[2] Γαρίφαλο. <https://share.google/images/b3OePDjSSblpWE9Xz>

[3] Ευγενόλη. <https://www.galinos.gr/web/drugs/main/substances/eugenol>

[4] Γαρούφαλλο – Ευγενόλη: Σημαντικά για την εξόντωση του καρκίνου.

<https://www.holism.gr/eugenol-cloves/>

[5] Χημική δομή φαινόλης.

<https://share.google/images/NcBffnOaHCWNYcdkG>

[6] Συσκευή απόσταξης.

<https://share.google/images/Yrc47R1GrRocU6dsN>

[7] Τετράδιο εργασιών Β Γυμνασίου Χημείας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Κύπρος, 2025

[8] Δελτίο δεδομένων ασφάλειας ευγενόλης. Chrome-

extension://efaidnbmninnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.carlroth.com/medias/SDB-7292-GB-

EN.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNDc0NzR8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGFY3pMMmcyTmk4NU1UYzVPVGMyTXpNMU16a3dMMU5FUWw4M01qa3IYMGRDWDBWT0xuQmtaZ3xkNWVlYmI2ZTlImOTc2OTRhZTUxYzgxZTliMzg5MjExZGQ2MDM2ZjJiZTU5ZGZkOWM5YmZIMTgxMGYwZjRhODYw

[9] Γαρούφαλλο: επαγγελματική καλλιέργεια, φαρμακευτικές ιδιότητες και πλήρεις χρήσεις.

<https://el.jardineriaon.com/%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9->

%CF%87%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-
%CE%B3%CE%B1%CF%81%CE%AF%CF%86%CE%B1%CE%BB%CF%89%CE
%BD.html

[10] Βασικές Διεργασίες Μηχανικής Τροφίμων, Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Του Ανθρώπου Σταύρος Π. Γιαννιώτης, Καθηγητής Μηχανικής Τροφίμων, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών.

[11] Διάταξη εκχύλισης.

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CF%89%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%87%CE%BF%CE%AC%CE%BD%CE%B7#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Separatory_funnel_with_oil_and_colored_water.jpg

[12] Χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας, Πανεπιστήμιο Πάτρας, <https://chem.uoi.gr/wp-content/uploads/2024/12/lab-chapter-8.pdf>

[13] Εργαστήριο Οργανικής Χημείας, Ενότητα: Σύνθεση Τριτοταγούς Βουτυλοχλωριδίου, Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πάτρας.

[14] Σχολή Γεωπονικών επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Οργανικής Χημείας, Ηράκλειο.

[15] <https://www.youtube.com/watch?v=sjhoUkz4TPY>

[16] J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, P. Wothers, (Organic Chemistry (1st ed.). Oxford University, 2001, 531.

[17] <https://www.food-info.net/gr/ga/ga-wi27.html>

[18] Γαρίφαλο

https://www.mednutrition.gr/portal/efarmoges/leksiko-diatrofis/17530-garifalo#goog_rewarded

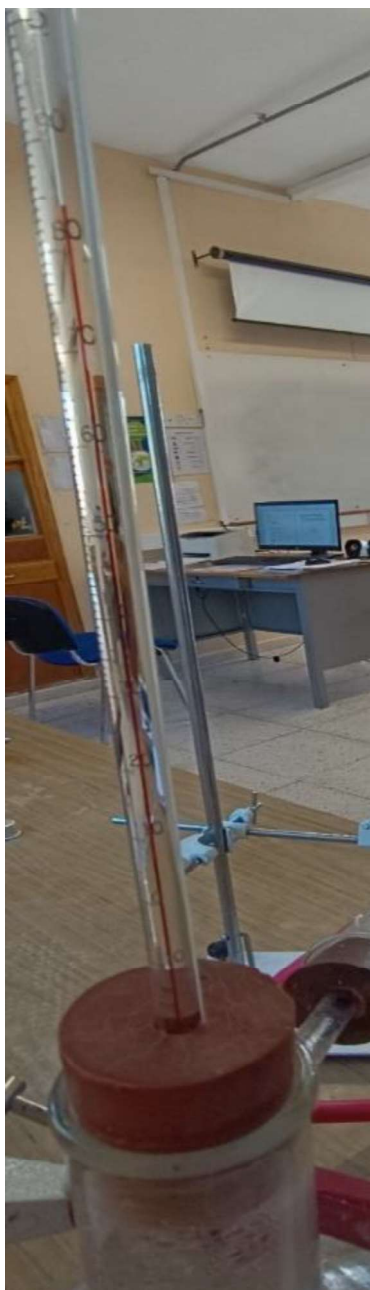
[19] <https://el.bdmaee.net> › eugenol

[20] Ισορροπία Υγρού και Ατμών σε Αζεοτροπικά Μίγματα - Πειραματική Άσκηση, εργαστήριο Φυσικοχημείας, Πανεπιστήμιο Πατρών.

[21] Σημειώσεις οργανικής Χημείας I και II , Τμήμα Θετικών Επιστημών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Παράρτημα

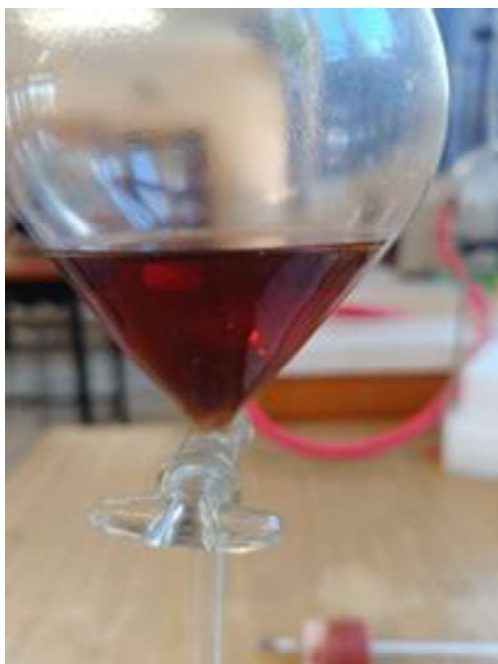
Ι) Εικόνες και φωτογραφίες



Εικόνα 6. Σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι την σταθεροποίηση της και εμφάνιση σταγόνων αποστάγματος.



Εικόνα 7. Πρώτες σταγόνες αποστάγματος.



Εικόνα 9. Αριστερά: Εκχύλιση μίγματος ευγενόλης-αιθανόλης και νερού, δεξιά: Τελικό μίγμα στη φιάλη απόσταξης που περιέχει ευγενόλη και αιθανόλη.



Εικόνα 11. Ευγενόλη εμπορίου.

(σημείωση: η ευγενόλη του εμπορίου παραχωρήθηκε από οδοντιατρείο για τους σκοπούς της εργασίας)



Εικόνα 14. Αριστερά: πράσινο σαπούνι, Δεξιά: προϊόν ευγενόλης, αιθανόλης και πράσινου σαπουνιού.



Εικόνα 15. Εφαρμογή του προϊόντων στη σχολική αυλή.

II) Πίνακες

Πίνακας 1. Καταγραφή παρατηρήσεων κατά την εφαρμογή του εντομοαπωθητικού σε φύλλα.

	Αρχική κατάσταση
Δείγματα φύλλων	
	Φύλλα με προσθήκη του προϊόντος ευγενόλης
	
	Μετά από 1 μήνα εφαρμογής
	

III) Δεδομένα ερωτηματολογίου

Χρονική σήμανση	1. Γενικές πληροφορίες (επιλέξτε ανάλογα)	1.2 Φύλο
12/10/2025 7:24:18 36-45		Αντρας
12/10/2025 8:03:47 36-45		Γυναίκα
12/10/2025 8:52:40 26-35		Γυναίκα
12/10/2025 9:00:39 46 και άνω		Αντρας
12/10/2025 12:33:16 46 και άνω		Αντρας
12/11/2025 13:06:42 36-45		Γυναίκα
12/11/2025 13:09:53 36-45		Γυναίκα
12/11/2025 13:10:30 36-45		Γυναίκα
12/11/2025 13:10:36 36-45		Γυναίκα
12/11/2025 13:10:54 46 και άνω		Γυναίκα
12/11/2025 13:13:20 46 και άνω		Γυναίκα
12/11/2025 13:15:15 46 και άνω		Αντρας
12/11/2025 13:17:55 36-45		Γυναίκα
12/11/2025 15:21:45 46 και άνω		Γυναίκα
12/11/2025 16:41:38 36-45		Γυναίκα
12/11/2025 17:58:47 46 και άνω		Γυναίκα
12/11/2025 23:08:18 36-45		Γυναίκα
12/12/2025 1:33:36 36-45		Γυναίκα
12/15/2025 7:41:51 46 και άνω		Γυναίκα
12/15/2025 7:43:25 36-45		Γυναίκα
12/15/2025 8:37:23 36-45		Γυναίκα
12/16/2025 21:33:13 46 και άνω		Γυναίκα

1.3 Εκπαίδευση 2. Από ποιο φυτό νομίζετε προέρχεται η ευ

Μεταπτυχιακές σπουδές Γαρύφαλλο

Μεταπτυχιακές σπουδές Θυμάρι

Μεταπτυχιακές σπουδές Λεβάντα

Μέση εκπαίδευση Μέντα

Μεταπτυχιακές σπουδές Μέντα

Μεταπτυχιακές σπουδές Γαρύφαλλο

Μεταπτυχιακές σπουδές Γαρύφαλλο

Ανώτερη Εκπαίδευση Γαρύφαλλο

Μέση εκπαίδευση Λεβάντα

Μεταπτυχιακές σπουδές Γαρύφαλλο

Μέση εκπαίδευση Γαρύφαλλο

Ανώτερη Εκπαίδευση Λεβάντα

Μέση εκπαίδευση Γαρύφαλλο

Μέση εκπαίδευση Γαρύφαλλο

Μεταπτυχιακές σπουδές Μέντα

Μεταπτυχιακές σπουδές Γαρύφαλλο

Μεταπτυχιακές σπουδές Γαρύφαλλο

Μέση εκπαίδευση Λεβάντα

Μεταπτυχιακές σπουδές Γαρύφαλλο

Μέση εκπαίδευση Γαρύφαλλο

Ανώτερη Εκπαίδευση Λεβάντα

Μέση εκπαίδευση Λεβάντα

3. Ποια είναι η κύρια μέθοδος για την απομέ 4. Τι είδους ένωση είναι η ευγενόλη;

Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Ζύμωση	Εστέρας
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αλκοόλη
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Απόσταξη με ατμό	Αρωματική ένωση
Χρωματογραφία	Αρωματική ένωση

5. Ποια από τις παρακάτω ιδιότητες ΔΕΝ έχ 6. Ποια από τις παρακάτω ουσίες μπορεί να

Αντιμικροβιακή	Ευγενόλη
Αντιμικροβιακή	Αμμωνία
Αντιμικροβιακή	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Αμμωνία
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Αρωματική	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Αμμωνία
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Αντομοσπασθητική	Αμμωνία
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Ευγενόλη
Καρκινογόνος	Οξικό οξύ

7. Ποια επιστήμη βοηθά στην ανάκτηση φυσ 8. Ποια είναι η σημασία της εκχύλισης στη χημεία

Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Βιολογία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Βιολογία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά
Χημεία	Απομονώνει ουσίες από φυσικά υλικά

9. Ποια από τις παρακάτω εφαρμογές ΔΕΝ ε 10. Ποια από τις παρακάτω ασθένειες μπορεί

Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή φαρμακευτικών προϊόντων	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Ακμή
Παρασκευή πλαστικών	Ακμή
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Οστεοπόρωση
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Οστεοπόρωση
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Ακμή
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Οστεοπόρωση
Παρασκευή πλαστικών	Οστεοπόρωση
Παρασκευή πλαστικών	Μυκητολογικές ασθένειες
Παρασκευή πλαστικών	Ακμή
Παρασκευή πλαστικών	Οστεοπόρωση

11. Ποιο είναι το πλεονέκτημα της χρήσης φυσικών ουσιών έναντι των συνθετικών;

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο ακριβές

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον

