



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

Ειδίκευση: ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη μιας εργαστηριακής άσκησης διερεύνησης
με θέμα τα ένζυμα και πιλοτική δοκιμή της σε σχολείο
δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης**

**ΑΛΙΚΗ ΖΕΝΤΕΦΗ
ΧΗΜΙΚΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ, 2022

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη μιας εργαστηριακής άσκησης διερεύνησης με θέμα τα ένζυμα
και πιλοτική δοκιμή της σε σχολείο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης**

ΑΛΙΚΗ ΖΕΝΤΕΦΗ

A.M.: 201102

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Αικατερίνη Πασχαλίδου, Μέλος ΕΔΙΠ, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Αικατερίνη Πασχαλίδου, Μέλος ΕΔΙΠ, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ**
- 2. Ντία Γαλανοπούλου, Καθηγήτρια, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ**
- 3. Αικατερίνη Σάλτα, Μέλος ΕΔΙΠ, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ, 20/06/2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία μελετούμε την εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στο πλαίσιο μιας εργαστηριακής άσκησης, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στο Γυμνάσιο. Σκοπός είναι η μελέτη της αξιοποίησης της μεθόδου αυτής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση καθώς και το πως την αντιμετωπίζουν οι μαθητές, οι οποίοι είναι οι συμμετέχοντες στην έρευνα.

Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε μια εργαστηριακή δραστηριότητα βασισμένη στην καθοδηγούμενη διερεύνηση, κατά την οποία μελετήθηκαν παράγοντες που σχετίζονται με το χαρακτηριστικό μαύρισμα των φρούτων, δηλαδή με τη δράση του ενζύμου οξειδάση της κατεχόλης, που προκαλεί την ενζυμική αμαύρωση των μήλων, στο πλαίσιο της θεματικής ενότητας των ενζύμων και της δράσης τους. Το συγκεκριμένο φρούτο επιλέχθηκε λόγω της μεγάλης δημοτικότητάς του ως τροφή καθώς και για το γρήγορο μαύρισμα των φρεσκοκομμένων φετών του μετά το κόψιμο. Η δραστηριότητα χρησιμοποιεί υλικά καθημερινής χρήσης ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια από τους μαθητές ακόμα και χωρίς επίβλεψη εκπαιδευτικού αν χρειαστεί (π.χ. εξ αποστάσεως εκπαίδευση). Η δραστηριότητα βασίζεται στην ομαδοσυνεργατική μέθοδο. Σχεδιάστηκε κατάλληλο φύλλο εργασίας μαθητή με ερωτήσεις συμπλήρωσης πριν την έναρξη και κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Τα αποτελέσματα του πειράματος αποτυπώνονται με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων. Επιπλέον, οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν ένα πρόβλημα της καθημερινής ζωής, δηλαδή την παρασκευή ενός ζελέ με φρέσκο ανανά και ακτινίδιο που δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς την αναστολή της δράσης συγκεκριμένων ενζύμων, και παρουσίαση των προσπάθειών τους. Η αξιολόγηση της δραστηριότητας, στο πλαίσιο του συναισθηματικού τομέα, πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου εστιασμένου στη διεξαγωγή των ασκήσεων και των πρακτικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι σημαντικά για την ενίσχυση της μάθησης των μαθητών, καθώς η βιβλιογραφία δείχνει μια συσχέτιση μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών για το μαθησιακό περιβάλλον στην τάξη και τις μαθησιακές-γνωστικές τους προσεγγίσεις.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Πειραματική διερευνητική προσέγγιση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, Ένζυμα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: καθοδηγούμενη διερεύνηση, ενζυμική αμαύρωση μήλου, οξειδάση της κατεχόλης, βρωμελαΐνη, ακτινιδίνη

ABSTRACT

In this thesis we study the implementation of the guided inquiry learning in the context of a laboratory exercise, in secondary education. The purpose is to study the application of this method in secondary education as well as to explore how students response to it, since they are the participants in the research.

More specifically, a laboratory activity based on guided inquiry learning was developed, during which factors related to the characteristic browning of fruits were studied, i.e. the action of the enzyme oxidase catechol, which causes the enzymatic browning of apples, under the heading theme of enzymes and their action. This particular fruit was chosen because of its great popularity as food as well as for the quick browning of its freshly cut slices. The activity uses materials of everyday life so that it can be carried out safely by the students even without the supervision of a teacher if needed (eg distance learning). The activity is based on the collaborative method. An appropriate student worksheet was designed with completion questions and was completed before the start and during the experimental process. The results of the experiment are recorded in the form of tables and diagrams. In addition, students are asked to solve a problem of everyday life, such as the preparation of fresh pineapple and kiwi gelatin, which can't be done without the inhibition of specific enzyme actions, and present their efforts. The evaluation of the activity was carried out through a questionnaire, in the context of the affective skills, concerning the conduct of the exercises and the practices used.

The results obtained are important for enhancing students' learning, as the literature points a correlation between students' perceptions of the learning environment in the classroom and their learning-cognitive approaches.

SUBJECT AREA: Experimental inquiry learning in secondary education, High School, Enzymes

KEYWORDS: guided inquiry, enzymatic browning of apples, catechol oxidase, bromelain, actinidin

Σε όλους εκείνους που στέκονται δίπλα μου... σε όλα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Κατερίνα Πασχαλίδου που με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστούμε. Η βοήθεια και η στήριξη που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της διεκπεραίωσης της διπλωματικής μου εργασίας ήταν αμέριστη και ανιδιοτελής. Βεβαίως η στήριξή της πολλές φορές ξεπέρασε το στενό πανεπιστημιακό πλαίσιο, νιώθοντάς την πέρα από συνεργάτη και έναν δικό μου άνθρωπο. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στα άλλα δύο μέλη της τριμελούς μου επιτροπής, την κ. Ντία Γαλανοπούλου και κ. Κατερίνα Σάλτα, για το χρόνο που αφιέρωσαν, τις χρήσιμες υποδείξεις τους και διορθώσεις αλλά και για όλη τη συνεργασία κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου. Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω για τη συμβολή της στην πραγματοποίηση της διπλωματικής εργασίας την χημικό του 2^{ου} Προτύπου Γυμνασίου Αθηνών κ. Βίκυ Γκίτζια.

Επίσης, οφείλω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ σε όλους μου τους φίλους και ιδιαίτερα στον Γιάννη, τη Βίκυ και τον σύντροφό μου Μάνο, για την ψυχολογική τους στήριξη, την υπομονή που έδειξαν σε οποιαδήποτε δυσκολία μου ή άγχος, καθώς και για τις ευχάριστες στιγμές που απλόχερα μου χάρισαν. Ακόμα, δεν μπορώ να μην ευχαριστήσω πολύ τη θεία μου, Κατερίνα, η οποία βρίσκεται πάντα δίπλα μου σε όλους τους τομείς της ζωής μου, βοηθώντας με, με κάθε δυνατό τρόπο, να πετύχω τους στόχους μου και στον ξάδερφό μου Δημήτρη που είναι ένα παράδειγμα ζωής.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το χρωστάω στις αδερφές μου, Ελένη και Ιωάννα, στους γονείς μου, Ευγενία και Αργύρη, και στους συζύγους τους Ρενάτα και Γιάννη, οι οποίοι πάντα πιστεύουν σε μένα και στέκονται πραγματικοί συνοδοιπόροι σε όλες τις επιλογές της ζωής μου, χαρίζοντάς μου αμέτρητες στιγμές χαράς και ευτυχίας, δίνοντάς μου για μια ακόμα φορά το κίνητρο και τη στήριξη για την ολοκλήρωση των σπουδών μου με την παρούσα διπλωματική εργασία.

Χωρίς τη συμβολή όλων των παραπάνω ανθρώπων, οι σπουδές μου και η ζωή μου γενικώς, δε θα είχαν τόσα χαμόγελα και ευτυχία και γι' αυτό θα ήθελα την εργασία αυτή να την αφιερώσω σε εκείνους.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ..... | 16 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1..... | 17 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 17 |
| 1.1. Η αξία της εργαστηριακής δραστηριότητας | 17 |
| 1.2. Αξία διερευνητικής μεθόδου και εργαστηρίων διερεύνησης | 19 |
| 1.3. Κατηγορίες διερευνητικής μεθόδου στα εργαστήρια..... | 27 |
| 1.4. Εξ αποστάσεως εκπαίδευση μέσω εργαστηρίων διερεύνησης | 33 |
| 1.5. Διαφωνίες εφαρμογής διερευνητικής μεθόδου | 35 |
| 1.6. Αξιολόγηση διερευνητικής μεθόδου..... | 38 |
| 1.7. Συμπέρασμα..... | 40 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2..... | 42 |
| ΕΝΖΥΜΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΒΑΣΙΣΤΗΚΕ Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ..... | 42 |
| 2.1. Γενικά..... | 42 |
| 2.2. Ενζυμική Αμαύρωση μήλου – Οξειδάση της πολυφαινόλης (PPO) . | 43 |
| 2.2.1. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι περιορισμού της ενζυμικής αμαύρωσης, όπως: | 47 |
| 2.3. Ζελατινοποίηση- Βρωμελαΐνη, Ακτινιδίνη..... | 49 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3..... | 53 |
| ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ..... | 53 |
| 3.1. Γενικά..... | 53 |
| 3.2. Σχεδιασμός φύλλων εργασίας..... | 58 |
| 3.3. Σχεδιασμός φύλλου αξιολόγησης | 63 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4..... | 65 |

| | |
|---|------------|
| ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ..... | 65 |
| 4.1. Α΄ φάση πιλοτικής δοκιμής..... | 65 |
| 4.2. Β΄ φάση πιλοτικής δοκιμής..... | 68 |
| 4.3. Παρατηρήσεις..... | 75 |
| 4.4. Αποτελέσματα-Συζήτηση | 77 |
| 4.5. Προτάσεις-Επεκτάσεις | 97 |
| 4.6. Συμπεράσματα | 98 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ..... | 101 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι..... | 102 |
| ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ | 102 |
| ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1..... | 103 |
| ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2..... | 109 |
| ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 3..... | 115 |
| ΦΥΛΛΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ | 121 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5..... | 128 |
| ΑΝΑΦΟΡΕΣ | 128 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1: Δέσμευση οξυγόνου από δισθενή χαλκό | 45 |
| Εικόνα 2: Ενεργό κέντρο ενζύμου ΡΡΟ..... | 45 |
| Εικόνα 3: Υποστρώματα πολυφαινολασών..... | 46 |
| Εικόνα 4: Αντιδράσεις ενζυμικής αμαύρωσης μήλου..... | 47 |
| Εικόνα 5: Εξειδικευμένοι αναστολείς ενζύμου ΡΡΟ..... | 49 |
| Εικόνα 6: Ομάδα πειραματισμού επίδρασης ποτού | 69 |
| Εικόνα 7: Ομάδα πειραματισμού επίδρασης ξυδιού | 69 |
| Εικόνα 8: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας..... | 71 |
| Εικόνα 9: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας..... | 71 |
| Εικόνα 10: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας..... | 72 |
| Εικόνα 11: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας..... | 72 |
| Εικόνα 12: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας..... | 73 |
| Εικόνα 13: Φωτογραφίες παρασκευασμένων ζελέ με φρέσκο ανανά και ακτινίδιο από ομάδες μαθητών..... | 75 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των τύπων διερεύνησης στο σχολικό πλαίσιο σε συσχέτιση με τις επιστημονικές πρακτικές που μπορεί να αποκομίσουν οι μαθητές..... | 33 |
| Πίνακας 2: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση: «Αυτό που μου άρεσε περισσότερο ήταν...»..... | 79 |
| Πίνακας 3: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση: «Αυτό που δε μου άρεσε ήταν...»..... | 82 |
| Πίνακας 4: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση: «Αυτό που μου βρήκα πιο δύσκολο ήταν...»..... | 85 |
| Πίνακας 5: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση: «Αυτό που έκανε τη διαδικασία της μάθησης πιο αποτελεσματική ήταν...»...88 | 88 |
| Πίνακας 6: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση: «Η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησα ήταν...»..... | 92 |
| Πίνακας 7: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση: «Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος...»..... | 96 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πιλοτική δοκιμή της εργαστηριακής άσκησης που αναπτύχθηκε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, πραγματοποιήθηκε στο 2^ο Πρότυπο Γυμνάσιο Αθηνών, υπό την εποπτεία της Δρ. Αικατερίνης Πασχαλίδου και της χημικού του σχολείου Δρ. Βασιλικής Γκίτζια. Οι τάξεις στις οποίες δοκιμάστηκε ήταν τρεις δευτέρας (Β') Γυμνασίου και δύο τρίτης (Γ') Γυμνασίου.

Πιο συγκεκριμένα, δοκιμάστηκε αρχικά (Α' φάση) σε δύο τμήματα της Β' Γυμνασίου (Β3, Β6) και στη συνέχεια, μετά τις απαιτούμενες βελτιώσεις, δοκιμάστηκε στην τελική της μορφή (Β' φάση) σε ένα τμήμα της Β' Γυμνασίου (Β1) και σε δύο τμήματα της Γ' Γυμνασίου (Γ3, Γ6). Το σύνολο του δείγματος της τελικής εφαρμογής της δραστηριότητας είναι **75 μαθητές**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Η αξία της εργαστηριακής δραστηριότητας

Από τη δεκαετία του 1970 είχαν αρχίσει οι μελέτες που αφορούσαν την εργαστηριακή διδασκαλία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Κατά τη δεκαετία του 1980 η κεντρική θέση των μοντέλων του Piaget μειώθηκε και η προσοχή επικεντρώθηκε όλο και περισσότερο σε μια αναπτυσσόμενη κονστрукτιβιστική άποψη της μάθησης. Έτσι, η έννοια του νοητικού μοντέλου που μπορεί να ανιχνευθεί στο «σχήμα» του Piaget, τροποποιήθηκε με αφομοίωση και προσαρμογή και αναδιατυπώθηκαν η δομή και οι διαδικασίες κατασκευής γνώσης με όρους μερικών κεντρικών εννοιολογικών δομών και πολυάριθμων δομών εκτελεστικού ελέγχου.¹

Μια πιο σύγχρονη ματιά δείχνει πως η προσθήκη λεπτομερών χαρακτηριστικών μετατοπίζει τον σκοπό ενός νοητικού μοντέλου από μια επεξηγηματική *μεταφορά* για μάθηση σε έναν επεξηγηματικό μηχανισμό για μάθηση. Αυτή η προοπτική θεωρείται πιο χρήσιμη επειδή εστιάζει στις συγκεκριμένες λεπτομέρειες της χρήσης των νοητικών μοντέλων από τους μαθητές κατά τη διάρκεια μιας μαθησιακής δραστηριότητας. Επομένως, η κατασκευή της γνώσης αποτελεί μια προσθήκη νέων συστατικών στα υπάρχοντα νοητικά μοντέλα. Υπάρχουν πέντε συστατικά στοιχεία ενός νοητικού μοντέλου.

1. Η *Αναφορά* είναι το σύμβολο, η ετικέτα ή το αντικείμενο (είτε νοητικό είτε φυσικό) που χρησιμοποιείται από έναν εκπαιδευόμενο για να κατασκευάσει και να μεταδώσει τις γνώσεις του. Στη διαδικασία της διερεύνησης για τα σημεία και τις αναφορές χρησιμοποιείται ως όρος η «σημειωτική».

2. Η *Σχέση* είναι η σύνδεση μεταξύ των αναφορών. Είναι επίσης το συστατικό που δείχνει ιεραρχία και κατεύθυνση μεταξύ ενός μεμονωμένου δείκτη και ένα συνόλου αναφορών.

3. Ένας κανόνας και η *σύνταξη* του χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός νοητικού μοντέλου και την παροχή της σειράς των αναφορών και των μεταξύ τους σχέσεων έτσι ώστε να μπορεί να αποδοθεί νόημα.

4. Ένα *αποτέλεσμα* είναι η συνέπεια της εφαρμογής ενός κανόνα και της σύνταξής του σε μια σχέση μεταξύ αναφορών.

5. Μια *διαδικασία δημιουργίας νοημάτων* είναι το συστατικό που οδηγεί την κατασκευή ενός νοητικού μοντέλου και του επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο σκέψης για τη δημιουργία νέας γνώσης.¹

Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί είχαν αρχίσει να αμφισβητούν σε μεγάλο βαθμό τόσο την αποτελεσματικότητα όσο και τον ρόλο που έπαιζε το εργαστήριο στην εκπαιδευτική διαδικασία, ως μέσο διδασκαλίας και εκμάθησης των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, η ανασκόπηση των Hofstein et. al. το 1982, έδειξαν μια πληθώρα αδυναμιών στις μεθοδολογικές προσεγγίσεις της εκπαίδευσης φυσικών επιστημών, οι οποίες δυσχέραιναν την προσπάθεια πιστοποίησης του ρόλου του εργαστηρίου στην προώθηση και κατανόηση αυτών. Οι αδυναμίες αυτές αναφέρονταν τόσο σε ανεπαρκείς εργαστηριακούς οδηγούς και αξιολόγηση που δε συνάδει με τους μαθησιακούς στόχους, όσο και σε ανεπαρκές μέγεθος δείγματος στις ποσοτικές μελέτες του συγκεκριμένου ζητήματος. Βέβαια, στις περιπτώσεις που το εργαστήριο αποτελούσε ένα περιβάλλον μάθησης, η στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη φάνηκε πολύ βελτιωμένη.²

Ως «εργαστηριακές δραστηριότητες» ορίζονται οι μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες οι μαθητές αλληλεπιδρούν με υλικά ή/και με μοντέλα για την παρατήρηση και κατανόηση του φυσικού κόσμου». Αυτές παρέχουν στους μαθητές αυθεντικές εμπειρίες, οι οποίες, όταν δομηθούν σωστά, βελτιώνουν τη μάθησή τους και τους βοηθούν να αποκτήσουν εννοιολογική γνώση, ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, κατανόηση της φύσης της επιστήμης με αυξημένο κίνητρο για μάθηση.³

Οι Hofstein και Lunetta, στο άρθρο τους το 2004, επισήμαναν πως το 1990, ο Tobin πρότεινε το εργαστήριο ως ένα κατάλληλο περιβάλλον, όπου οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν τις γνώσεις τους για επιστημονικές έννοιες και φαινόμενα, αν τους δοθεί η ευκαιρία να χειριστούν τον κατάλληλο εξοπλισμό και υλικά. Ακόμα, ανέφεραν ότι το 1994 ο Roth παρατήρησε πως, παρ' όλο που υπάρχει αρκετή πληροφόρηση για τη διευκόλυνση της μάθησης επιστημονικών εννοιών και δεξιοτήτων μέσω του εργαστηρίου, ακόμα δεν είχε

αξιοποιηθεί. Λίγα χρόνια αργότερα το National Science Education Standards (NRC), πρότεινε την αναθεώρηση του ρόλου του εργαστηρίου στη διαδικασία της επιστημονικής μάθησης, δεδομένου ότι είχαν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες πάνω στην δόμηση της ανθρώπινης σκέψης και γνώσης. Οι Hofstein και Lunetta, το 2004, εξέφρασαν επίσης την άποψη πως ο ρόλος του εργαστηρίου είναι ιδιαίτερα σημαντικός στη σημερινή εποχή, καθώς η έρευνα αποτελεί πλέον έναν κεντρικό στόχο διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, και παράλληλα η εκπαιδευτική κοινότητα έχει επεκτείνει ουσιαστικά τη γνώση της για τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές κατανοούν τις επιστημονικές έννοιες και τη φύση της επιστήμης.^{2,4}

1.2. Αξία διερευνητικής μεθόδου και εργαστηρίων διερεύνησης

Πολύ συχνά οι μαθητές βγαίνουν από το παραδοσιακό εργαστήριο χημείας με πολύ λίγες γνωστικές και τεχνικές δεξιότητες. Αυτό συμβαίνει καθώς δίνεται υπερβολική έμφαση σε δεξιότητες κατώτερης τάξης, ξοδεύοντας πάρα πολύ χρόνο προσπαθώντας να λάβουν τη «σωστή» απάντηση και εκτελώντας πάρα πολλά ασήμαντα συνθετικά πειράματα που απαιτούν λίγη σκέψη από πλευράς μαθητών, και μάλιστα με λίγη κατανόηση της εμπλεκόμενης χημείας και ουσιαστική εννοιολογική μάθηση. Οι ερωτήσεις των μαθητών είναι εύκολα προβλέψιμες ενώ παράλληλα ο εκπαιδευτικός έχει γενικά τον έλεγχο καθώς οι μαθητές παράγουν το προκαθορισμένο αποτέλεσμα του πειράματος.⁵

Καθώς ο τομέας της επιστημονικής εκπαίδευσης συνεχώς εξελίσσεται, είναι αναγκαίο να καθοριστούν και να αξιοποιηθούν με ακρίβεια και συνέπεια τεχνικοί όροι, όπως η «έρευνα» στην εκμάθηση της επιστήμης. Η διαδικασία της έρευνας αποτελεί μία πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Η έρευνα αναφέρεται σε διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους οι επιστήμονες μελετούν το φυσικό κόσμο, προτείνουν ιδέες, εξηγούν και αιτιολογούν τους ισχυρισμούς βασιζόμενοι σε στοιχεία και προέρχονται από επιστημονικό έργο. Η εκμάθηση της επιστημονικής έρευνας στους μαθητές θα μπορέσει, λοιπόν, να τους δείξει πιο αυθεντικούς τρόπους με τους οποίους μπορούν να ερευνήσουν τον φυσικό κόσμο, να προτείνουν ιδέες, να εξηγήσουν και να δικαιολογήσουν ισχυρισμούς βάσει αποδεικτικών στοιχείων και κατ' επέκταση να κατανοήσουν ολοκληρωτικά την έννοια της επιστήμης.^{2,6}

Σε απαιτητικά μαθήματα, συμπεριλαμβανομένης της οργανικής χημείας και της βιοχημείας, οι μαθητές δε χρειάζονται μόνο άρτιες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων ή εργαστηριακών δεξιοτήτων αλλά και περιέργεια, κίνητρο και επιθυμία για γνήσια επιστημονική έρευνα. Ενώ οι καλές εργαστηριακές δεξιότητες είναι απαραίτητες και οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν να ακολουθούν προσεκτικά τις οδηγίες, διδάσκοντας μεθόδους που εστιάζουν υπερβολικά στην τεχνική, εις βάρος του ενδιαφέροντος και της διερεύνησης, μπορεί να είναι αυτοκαταστροφικές. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μειωμένο ενδιαφέρον ή ακόμα και απόσυρση από την πλευρά των μαθητών, με αποτέλεσμα μερικές φορές σοβαρές μαθησιακές συνέπειες.⁷

Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι το μαθησιακό ενδιαφέρον μπορεί να ενθαρρύνει τους μαθητές να εμβαθύνουν στη μάθηση και να καταβάλουν μεγαλύτερη προσπάθεια γι' αυτή. Δυστυχώς, οι τρέχουσες τάσεις δείχνουν ότι το ενδιαφέρον για την επιστήμη στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση συνεχώς μειώνεται. Αυτό σχετίζεται κυρίως με τις αντιλήψεις των μαθητών για τις επιστημονικές τους ικανότητες και τις δεξιότητες έρευνας, γεγονός που επηρεάζει τη μελλοντική τους επιστημονική σταδιοδρομία.^{8,9} Κατά τη διαδικασία της διερευνητικής προσέγγισης των εργαστηρίων τα πειράματα παρουσιάζουν μια ποικιλομορφία, με κοινή συνισταμένη την άμεση εμπλοκή των μαθητών στην επιστημονική διαδικασία, ενισχύοντας τα κίνητρα και τα ενδιαφέροντά τους.¹⁰

Ο κύριος στόχος των εργαστηριακών δραστηριοτήτων, δε θα πρέπει επομένως να περιορίζεται στην εκμάθηση συγκεκριμένων επιστημονικών μεθόδων και τεχνικών αλλά στην αξιοποίηση των δύο αυτών στοιχείων, προκειμένου οι μαθητές να μάθουν να ερευνούν διάφορα φαινόμενα και να επιλύουν προβλήματα. Ένα εργαστηριακό μαθησιακό περιβάλλον που βασίζεται στη διερεύνηση, αποτελεί ριζική μετατόπιση από μια δασκαλοκεντρική προσέγγιση προς μία μαθητοκεντρική, καθώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν με υλικά ή/και με μοντέλα για να παρατηρήσουν και να κατανοήσουν το φυσικό κόσμο.² Η προσέγγιση του εργαστηριακού σχεδιασμού ευθυγραμμίζεται με την παιδαγωγική προσέγγιση της διερεύνησης, εκεί που οι

μαθητές πρέπει να εφαρμόσουν τις γνωστικές τους δεξιότητες και την κατανόησή τους για να λύσουν ένα πρόβλημα μέσω του εργαστηρίου.^{11,12}

Σύμφωνα με το κονστρουκτιβιστικό μοντέλο μάθησης, η μάθηση είναι μια ενεργή, ερμηνευτική, επαναληπτική διαδικασία, μέσα στην οποία οι μαθητές κατασκευάζουν και κατανοούν τις ιδέες μέσω μιας σειράς προσωπικών εμπειριών, ασκώντας έλεγχο σε αυτή σύμφωνα και με τις προσωπικές τους αναζητήσεις.² Η εργαστηριακή δραστηριότητα βασισμένη στην διερεύνηση είναι μία μαθητοκεντρική μέθοδος, η οποία δεν επιτρέπει στους μαθητές να βασίζονται εξ' ολοκλήρου στον εκπαιδευτικό.^{7,13} Οι εργαστηριακές δραστηριότητες επιτρέπουν στους μαθητές να μαθαίνουν με κατανόηση και παράλληλα να συμμετέχουν σε μια διαδικασία κατασκευής της γνώσης, εμβαθύνοντας στην επιστήμη. Ακόμα, οι μαθητές αποκτούν μεταγνωστικές ικανότητες, που περιλαμβάνουν την επεξεργασία και την εφαρμογή της μάθησης, κάτι που οδηγεί σε βελτιωμένη κατανόηση. Έτσι η γνώση κατακτάται από ορισμένες ενέργειες που πραγματοποιούνται συνειδητά από το μαθητή και όχι από τεχνικές δραστηριότητες με λίγες ευκαιρίες για έκφραση και ερμηνεία σχετικά με τη σημασία του ερωτήματός του.^{2,4}

Ο ανθρώπινος κονστρουκτιβισμός δίνει έμφαση στον κοινό ρόλο μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών στην κατασκευή νέας γνώσης. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει κατάλληλο υλικό για τον μαθητή, αλλά ο τελευταίος πρέπει να επιλέξει να αφοσιωθεί στην ουσιαστική μάθηση αντί να βασίζεσαι στη στείρα απομνημόνευση. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να δρα ως παρατηρητής των γνωστικών διαδικασιών του μαθητή.¹

Το NRC έχει αξιοποιήσει τον όρο «έρευνα» με 2 τρόπους. Ο πρώτος έγκειται στην κατανόηση περιεχομένου, στην οποία οι μαθητές έχουν ευκαιρίες να κατασκευάσουν έννοιες και μοτίβα, και να δώσουν μια ερμηνεία πάνω σε μία ιδέα που ερευνούν. Ο δεύτερος αφορά τις δεξιότητες και τις ικανότητες, στις οποίες περιλαμβάνονται ο εντοπισμός και η τοποθέτηση ερωτημάτων επιστημονικού προσανατολισμού, η διαμόρφωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός και διεξαγωγή επιστημονικών ερευνών, η διατύπωση και αναθεώρηση επιστημονικών εξηγήσεων, η επικοινωνία και υπεράσπιση επιστημονικών επιχειρημάτων. Η δεύτερη αυτή αξιοποίηση του όρου, συσχετίζεται άμεσα με την εργαστηριακή διαδικασία διερεύνησης, μια δραστηριότητα που βάζει τον

μαθητή στο επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα, η ανάπτυξη των δεξιοτήτων και των ικανοτήτων περιλαμβάνει δύο φάσεις, την προερευνητική, κατά την οποία οι μαθητές διεξάγουν ένα πείραμα, παρατηρούν και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους, και την ερευνητική, κατά την οποία πραγματοποιούν κατάλληλες ερωτήσεις και κάνουν υποθέσεις, οργανώνοντας τελικά ένα δικό τους πείραμα. Πάνω σε αυτό αναλύουν τα αποτελέσματα, κάνουν περαιτέρω ερωτήσεις και καταλήγουν να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα με επιστημονικό τρόπο. Ιδιαίτερα σε αυτή τη δεύτερη φάση, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να βιώσουν την επιστημονική έρευνα, κατανοώντας την σε βάθος, χτίζοντας μόνοι τους τη γνώση και εξασκώντας τις μεταγνωστικές τους ικανότητες.^{3, 7,14}

Η εμπλοκή των μαθητών με την επιστημονική έρευνα τους βοηθά στην ουσιαστική κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και του τρόπου με τον οποίο οι επιστήμονες μελετούν και κατανοούν το φυσικό κόσμο. Επομένως, η ορθή ανάπτυξη σχολικών εργαστηρίων με επίκεντρο τη διερεύνηση, δίνει τη δυνατότητα βελτίωσης της ουσιαστικής μάθησης των μαθητών και της κατανόησης της φύσης της επιστήμης.^{2,6}

Τα εργαστήρια διερεύνησης αποτελούν κέντρα εκμάθησης της επιστήμης, καθώς οι μαθητές εμπλέκονται στη διαδικασία σύλληψης προβληματισμών και επιστημονικών ερωτήσεων, διατύπωσης υποθέσεων, σχεδιασμού πειραμάτων, συλλογής και ανάλυσης δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με επιστημονικά ζητήματα ή φαινόμενα. Ιδιαίτερα η διαδικασία έκφρασης ορθών επιστημονικών ερωτημάτων αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο στον πραγματικό κόσμο της έρευνας, καθώς διαμορφώνει και τις διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων και λήψης αποφάσεων.^{2,10,13} Άλλωστε σε ένα παραδοσιακό εργαστήριο οι μαθητές έχουν πολύ λίγες ευκαιρίες να θέσουν τις ερωτήσεις τους και να διερευνήσουν για να τις απαντήσουν, σχετικά με ένα φαινόμενο, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να αναπτύξουν ατομικά τις γνωστικές τους δεξιότητες.^{2,10} Ακόμα, βελτιώνουν τη δημιουργικότητά τους καθώς και τις δεξιότητες υψηλότερου επιπέδου σκέψης. Συνεπώς αναπτύσσουν ιδιαίτερες δεξιότητες έρευνας καθώς και κατανόηση της διαδικασίας των επιστημονικών πρωτοκόλλων.^{2,6}

Η επιστημονική επιχειρηματολογία που μπορούν να αναπτύξουν οι μαθητές, μέσω της εφαρμογής της διερεύνησης στην πειραματική εκπαιδευτική διαδικασία, τους καθιστά ικανούς να παράγουν και να αιτιολογούν τη γνώση, τις ενέργειες και τους ισχυρισμούς τους.^{2,10}

Η εκπαιδευτική προσέγγιση των εργαστηρίων διερεύνησης προωθεί δεξιότητες ανάπτυξης, αποδοχής και χρησιμότητας της επιστημονικής γνώσης, καθώς και δεξιότητες σχεδιασμού εργαστηρίου. Η αξιοποίηση της διερεύνησης μπορεί να διαφαίνεται αρχικά δύσκολη για τους μαθητές, αποτελεί όμως την καλύτερη δοκιμή των δεξιοτήτων της κριτικής τους σκέψης. Η σταδιακή μετάβαση σε ανοιχτή έρευνα υποστηρίζεται καλύτερα μέσω της σταδιακής εξέλιξης αυτής, στα γνωστά τους εργαστήρια.^{11,12,15}

Οι μαθητές πολλές φορές δεν κατανοούν πλήρως το στόχο μιας έρευνας σε συνάρτηση με το σχεδιασμό μιας εργαστηριακής άσκησης, θεωρώντας τα δύο ανεξάρτητα σκέλη. Αυτό αποτελεί μία ακόμη πρόκληση που καλείται να ξεπεράσει η αξιοποίηση της επιστημονικής έρευνας στο εργαστήριο, η οποία θα τους υποδείξει το συνολικό στόχο της εκπαιδευτικής διαδικασίας.² Σε ένα παραδοσιακό εργαστήριο χημείας, οι μαθητές διεξάγουν πειράματα τα οποία είναι σε μεγάλο βαθμό επιβεβαιωτικά, ακολουθώντας βήμα-βήμα την πορεία ενός σχολικού εργαστηριακού οδηγού, με ξεκάθαρους και «κλειστούς» στόχους που σχετίζονται άμεσα με το θεωρητικό πλαίσιο που διδάσκεται τη δεδομένη στιγμή στην κανονική τάξη χημείας. Οι μαθητές που συμμετέχουν σε αυτό το είδος πειράματος έχουν περιορισμένο χρόνο και περιορισμένες ευκαιρίες για να αναπτύξουν ικανότητες σαν αυτές που χαρακτηρίζουν τα εργαστήρια διερεύνησης.^{2,16} Αν και πολλά πρόσφατα δημοσιευμένα εργαστηριακά εγχειρίδια ενσωματώνουν τις εξελίξεις στην επιστήμη όπως νέες έννοιες, διαφορετικά όργανα και νέες τεχνικές συνάμα δεν συνοδεύονται και με αλλαγή στον τρόπο παιδαγωγικής προσέγγισης προκειμένου να ενσωματωθεί η διερεύνηση.¹⁷

Σε ένα σχολικό εργαστήριο που είναι βασισμένο στην επιστημονική διερεύνηση αναπτύσσεται στους μαθητές η ικανότητα να συμμετέχουν σε νοητικές (minds-on) και πρακτικές (hands-on) εργαστηριακές δραστηριότητες, ενώ παράλληλα ενθαρρύνονται να κάνουν ερωτήσεις, υποθέσεις και να σχεδιάζουν έρευνα με βάση την επιστημονική τους γνώση, παίρνοντας οι ίδιοι

τον έλεγχο της γνώσης τους. Φυσικά, για να είναι πιο αποτελεσματικό θα πρέπει να διεξάγεται σε ένα πλαίσιο εννοιών το οποίο διδάσκεται. Μάλιστα, τα πειράματα σε τέτοιου είδους εργαστήρια, επιτρέπουν τη διεξαγωγή τους ακόμα και πριν γίνει η συζήτηση του εννοιολογικού πλαισίου στην τάξη.¹⁸ Έτσι, διαφεύγουν από την πεποίθηση ότι μια εργαστηριακή δραστηριότητα εξετάζει μόνο την αξιοποίηση του εξοπλισμού, κατανοώντας τον τρόπο αξιοποίησης της γνώσης.²

Η ανάπτυξη επιστημονικά εγγράμματων πολιτών ήταν και παραμένει κεντρικός στόχος, ο οποίος πρέπει να καθορίζει τις μεταρρυθμιστικές προσπάθειες στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. Η απόκτηση παιδείας στις φυσικές επιστήμες μπορεί να οριστεί ως η ικανότητα αξιοποίησης επιστημονικών γνώσεων για την διατύπωση ερωτήσεων, εξήγηση επιστημονικών φαινομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων με τεκμηρίωση. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες που παρατηρούν καθημερινά σε φυσικά φαινόμενα καθώς και να κατανοήσουν τη φύση της επιστήμης, βιώνοντας τον τρόπο που μπορεί αυτό να οικοδομηθεί, να ενισχυθεί και να επικυρωθεί μέσω της επιστημονικής έρευνας.^{6,13} Οι μελλοντικοί πολίτες θα πρέπει να κατανοούν τις επιστημονικές διαδικασίες, να χρησιμοποιούν και να αξιολογούν τις πληροφορίες που συναντώνται στην καθημερινή τους ζωή.¹⁵ Αξίζει να σημειωθεί πως μία πειραματική διαδικασία βασισμένη στη διερεύνηση, μπορεί να αξιοποιηθεί και υλικά καθημερινής ζωής, γεγονός που ενισχύει το κίνητρο των μαθητών ως προς τη φύση της επιστήμης.¹⁸

Παράλληλα, στο πλαίσιο ενός σχολικού εργαστηρίου βασισμένο στην διερεύνηση οι μαθητές συνειδητοποιούν την αξία της συνεργασίας, καθώς ερευνούν και ανακαλύπτουν διάφορα φαινόμενα σε μικρές ομάδες. Οι ομάδες συνεργάζονται μεταξύ τους για να δημιουργήσουν ένα σύνολο δεδομένων για τελική ανάλυση. Επομένως, οι παραγωγικές και συνεργατικές αυτές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητών, αναπτύσσουν ένα ιδιαίτερο μαθησιακό περιβάλλον, στο οποίο παράλληλα με την καλλιέργεια της γνωστικής ικανότητας και της θετικής στάσης απέναντι στην επιστήμη, κατορθώνεται η ενίσχυση των επικοινωνιακών κοινωνικών σχέσεων. Έτσι, οι μαθητές

συνειδητοποιούν σταδιακά και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι επιστημονικές ομάδες κατά τη διάρκεια μιας έρευνας.^{2,18}

Η διδασκαλία με τη χρήση της διερευνητικής προσέγγισης είναι πολύ πιο πολύπλοκη και διαφορετική από τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας στην τάξη. Απαιτεί λοιπόν από τον εκπαιδευτικό διαφορετικά είδη δεξιοτήτων και υψηλότερο επίπεδο εξειδίκευσης. Επομένως, η υποστήριξη των εκπαιδευτικών και οι δυνατότητες ενίσχυσης της επαγγελματικής πρακτικής των εκπαιδευτικών κρίνεται απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθούν νέα, υψηλότερα παιδαγωγικά πρότυπα. Έτσι πρέπει να αναπτύξουν μια νέα προσέγγιση όσον αφορά τις γνώσεις περιεχομένου και την παιδαγωγική τους γνώση. Γενικώς οι εκπαιδευτικοί που εφαρμόζουν τη μέθοδο αυτή της διδασκαλίας πρέπει να ενθαρρύνουν τους μαθητές να αλληλεπιδρούν επαγγελματικά με τους συμμαθητές τους, συμπεριλαμβανομένης της ανταλλαγής γνώσεων με αυτούς, καθώς και να τους βοηθήσουν να λύνουν προβλήματα, να κάνουν ερωτήματα υψηλού επιπέδου και υποθέσεις σχετικά με ορισμένα φαινομενικά άλυτα πειραματικά προβλήματα. Συνήθως οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται περισσότερες από μία εκπαιδευτική διαδικασία για να αποκτήσουν αρκετή αυτοπεποίθηση για να εφαρμόσουν τις νέες αυτές ιδέες.⁴

Οι εκπαιδευτικοί παίζουν το ρόλο των οδηγών, στη μέθοδο διδασκαλίας που είναι βασισμένη στη διερεύνηση, βοηθώντας τους μαθητές να εξερευνήσουν τις δικές τους ιδέες, διεξάγοντας την έρευνά τους προκειμένου να βγάλουν λογικά συμπεράσματα.^{13,19}

Η επιτροπή χημικής εκπαίδευσης στο Ισραήλ, βάσει έρευνας εκτίμησης αναγκών, εισηγήθηκε ότι το νέο αναλυτικό πρόγραμμα πρέπει περιλαμβάνει μια ολόκληρη μονάδα εργαστηρίου που βασίζεται στη διερεύνηση ως μέρος της μαθησιακής ακολουθίας. Μια τέτοια μεταρρύθμιση αναδεικνύει την εργαστηριακή μονάδα ως κεντρικό στοιχείο στο νέο πρόγραμμα σπουδών.⁴

Τα εργαστήρια τύπου διερεύνησης μπορούν φυσικά να έχουν έντονη εφαρμογή και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, όπου οι φοιτητές είναι πιο ώριμοι γνωστικά και με περισσότερη εμπειρία έτσι ώστε να αξιοποιήσουν στο μέγιστο τα οφέλη που προσφέρουν. Στην έρευνα που πραγματοποίησαν οι Van Rens et. al., σε τελειόφοιτους μαθητές σε έξι μαθήματα, προσπάθησαν να

μελετήσουν αν αυτοί νιώθουν κίνητρο να εξερευνήσουν, να εστιάσουν την προσοχή τους, να δώσουν νόημα και να προβληματιστούν επί της απόδειξης επιχειρημάτων γύρω από την επίλυση ενός προβλήματος, εμβαθύνοντας στην ανάπτυξη της χημικής διερεύνησης. Σε αυτό το πλαίσιο παρατηρήθηκαν όλα τα μαθήματα, κρατήθηκαν σημειώσεις πεδίου και αναλύθηκαν για το αν οι επιδιωκόμενες δραστηριότητες των μαθητών είχαν πραγματοποιηθεί. Ένα από τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ότι η απόδοση των μαθητών σε αυτού του είδους τις εργασίες επηρεάζεται από τη διαδικαστική και εννοιολογική κατανόηση και αυτό το μοντέλο αξιοποίησαν (PACKS). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να παίρνουν τη γνώση αλλά να καταφέρνουν να την αξιοποιούν κιόλας ενώ παράλληλα πρέπει να είναι ικανοί να ερμηνεύουν την διερευνητική διαδικασία, να κάνουν παρατηρήσεις, να εξάγουν συμπεράσματα και να αξιολογούν τα συμπεράσματά τους.²⁰

Οι μαθητές εκ του αποτελέσματος φάνηκαν πολύ ενθουσιασμένοι με ενισχυμένα κίνητρα με το να κάνουν χημική διερεύνηση, αλλά από την άλλη, δυσκολεύονται να παράγουν αρκετή ποιότητα στην έρευνα, όπως στοχευμένα διατυπωμένα ερευνητικά ερωτήματα, προσδιορισμένες μεταβλητές, ακριβείς μετρήσεις, αξιόπιστα αποτελέσματα και έγκυρα συμπεράσματα. Οι μαθητές έχουν ανάγκη να μάθουν τη φύση και το σκοπό της έρευνας, να κατανοήσουν και να χρησιμοποιήσουν το σχετικό χημικό γνωστικό αντικείμενο (γεγονότα και έννοιες) και να είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν τις πειραματικές διαδικασίες. Μάλιστα αναφέρονται τέσσερις πτυχές που έχουν μεγάλη επιρροή στο κίνητρο των μαθητευόμενων: η κουλτούρα της μάθησης στο σχολείο και μεταξύ των συμμαθητών, ο εγγενής στόχος της μάθησης (οι μαθητευόμενοι μαθαίνουν μόνοι τους), το επίπεδο αυτοπεποίθησής τους και στις δικές τους ικανότητες και αξίες της διερεύνησης. Όπως ήταν αναμενόμενο με αυτόν τον τρόπο αναπτύχθηκε μια «κουλτούρα έρευνας» μεταξύ των μαθητευόμενων, παρακινώντας τους για μια βαθύτερη κατανόηση των απαραίτητων θεωρητικών εννοιών (η ανάγκη για γνώση), διατυπώνοντας τη δική τους ερώτηση διερεύνησης, σχεδιάζοντας τη δική τους μέθοδο πραγματοποίησης πειραμάτων και τέλος εξαγωγής των συμπερασμάτων τους. Η γενική στρατηγική μάθησης και διδασκαλίας παρουσίασε τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά για τους μαθητές:

1. να κάνουν μια διερεύνηση

2. να επικεντρωθούν σε ότι κάνουν,
3. να δώσουν εξήγηση σε αυτό και
4. να αναλογιστούν το εννοιολογικό και διαδικαστικό τομέα στην έρευνά τους.

Έτσι οι μαθητευόμενοι επιτυγχάνουν να θέτουν ένα ερευνητικό ερώτημα, να προγραμματίζουν πειράματα, να παρουσιάζουν δεδομένα, να τα ερμηνεύουν και να τα αξιολογούν.²⁰

1.3. Κατηγορίες διερευνητικής μεθόδου στα εργαστήρια

Η εφαρμογή της διερεύνησης στην εκπαιδευτική διαδικασία όπως αποδεικνύεται, είναι εξαιρετικά καρποφόρα. Η μέθοδος διερευνητικής μάθησης (inquiry-based learning) μπορεί να γίνει κατανοητή ως η πρακτική όπου οι μαθητές αναλαμβάνουν ερευνητικό ρόλο στην εκμάθηση της επιστήμης, διεξάγουν πειράματα, εξάγουν συμπεράσματα από τα αποδεικτικά στοιχεία, αξιολογούν την αυθεντικότητά τους και στη συνέχεια μοιράζονται τα ευρήματά τους με τη δέουσα αιτιολόγηση.¹³

Γενικά, στο εργαστήριο χημείας οι μαθητές πραγματοποιούν τα πειράματα σε μικρές ομάδες (3-4) ακολουθώντας τις οδηγίες στο εγχειρίδιο του εργαστηρίου. Σε πρώτη φάση (pre-inquiry phase), ζητείται από τους μαθητές να διεξαχθεί το πείραμα με βάση συγκεκριμένες οδηγίες. Έτσι, αυτή η φάση παρέχει στους μαθητές πολύ περιορισμένες εμπειρίες όσον αφορά στην έρευνα. Η «διερευνητική φάση» (inquiry phase) είναι όπου οι μαθητές συμμετέχουν σε πιο «ανοιχτού τύπου» δραστηριότητες όπως υποβολή σχετικών ερωτήσεων και υποθέσεων για περαιτέρω διερεύνηση, προγραμματισμός πειράματος, διεξαγωγή του πειράματος (συμπεριλαμβανομένου των παρατηρήσεων) και τέλος ανάλυση των ευρημάτων και διεξαγωγή συμπερασμάτων. Θεωρείται ότι αυτή η φάση επιτρέπει στους μαθητές να μάθουν και να βιώσουν την επιστήμη με μεγαλύτερη κατανόηση και να εξασκηθούν σε μεταγνωστικές ικανότητες.⁴

Αξίζει να επισημανθεί πως η διερεύνηση (inquiry) διακρίνεται σε διάφορες κατηγορίες και στη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να συναντήσει πολλούς εξειδικευμένους όρους.

Αρχικά, οι δύο βασικές κατηγορίες είναι τα πειράματα ανοιχτής διερεύνησης (**open-inquiry**) και καθοδηγούμενης διερεύνησης (**guided-inquiry**).

Στη μεθοδολογία ανοιχτής διερεύνησης, δίνεται στους μαθητές ο χώρος να διατυπώσουν το δικό τους πρόβλημα το οποίο σκοπεύουν να διερευνήσουν. Αυτή η μεθοδολογία πραγματοποιείται παράλληλα με ερευνητική εργασία πάνω στην επιστήμη. Εδώ, ο εκπαιδευτικός παρέχει μόνο το θεωρητικό πλαίσιο. Η ανοιχτή έρευνα δημιουργεί μεγαλύτερη ικανοποίηση στους μαθητές καθώς αποκτούν την αίσθηση της ολοκλήρωσης κατά τη διεξαγωγή της έρευνας, η οποία τους βοηθά να παράγουν καλύτερη τεκμηρίωση για τα ευρήματά τους εντός του προβλεπόμενου πλαισίου. Έτσι, η ανοιχτή έρευνα είναι κατάλληλη όπου υπάρχει υψηλότερη αυτονομία, σκέψη και σε βάθος κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Αυτή η παιδαγωγική μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως σε μαθητές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης με μεγαλύτερη εμπειρία, καθώς αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία.¹³

Όσον αφορά στα πειράματα ανοιχτής διερεύνησης αξίζει να σημειωθεί ότι δεν έχουν κανένα προκαθορισμένο αποτέλεσμα, αξιοποιείται απαγωγική προσέγγιση και το πείραμα σχεδιάζεται καθαρά από τους μαθητές. Οι μαθητές αναμένεται να αναπτύξουν τις δικές τους υποθέσεις, να σχεδιάσουν τις δικές τους διαδικασίες και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματά τους. Τέτοια πειράματα ενισχύουν την επιστημονική και κριτική σκέψη. Πολύ σημαντικό βέβαια είναι οι εκπαιδευτικοί να παρακολουθούν το άγχος των μαθητών και να τους βοηθούν, ειδικά στην αρχή, όσον αφορά στη λήψη αποφάσεων.^{5,13}

Γενικώς, στην καθοδηγούμενη διερεύνηση, οι εκπαιδευτικοί παρέχουν το υλικό και τα ερευνητικά ερωτήματα που απαιτούνται για την επίλυση ενός προβλήματος και οι μαθητές πρέπει να επινοήσουν τη δική τους διαδικασία για την επίλυσή του, δίνοντας τη δική τους εξήγηση. Αυτή η μεθοδολογία είναι κατάλληλη για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όπου χρειάζεται ακόμη να δοθεί το πλαίσιο, αλλά υπάρχει περιθώριο για περαιτέρω πειραματισμούς.¹³

Σε αντίθεση με τα πειράματα ανοιχτής διερεύνησης όπου το αποτέλεσμα είναι προκαθορισμένο, τα πειράματα καθοδηγούμενης διερεύνησης συνήθως περιγράφουν πειράματα όπου παρέχεται στους μαθητές

μια δοκιμασμένη διαδικασία αλλά με ένα απροσδιόριστο αποτέλεσμα, το οποίο φαίνεται να είναι καθορισμένο από την πλευρά του εκπαιδευτικού ο οποίος κατευθύνει το πείραμα, με απαγωγική μέθοδο.^{5,7}

Τα πειράματα καθοδηγούμενης διερεύνησης συνδυάζουν το παιδαγωγικό πλεονεκτήματα των μεθόδων ανοιχτής διερεύνησης με τα πρακτικά πλεονεκτήματα των πειραμάτων επίδειξης. Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές αναμένεται να αποκτήσουν υψηλότερα γνωστικά επιτεύγματα σε σχέση με τα πειράματα επαλήθευσης. Σε αντίθεση με τα πειράματα ανοιχτής διερεύνησης ή των βασισμένων σε προβλήματα, τα πειράματα καθοδηγούμενης διερεύνησης μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν σε μεγάλα εργαστηριακά τμήματα δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Εκτός από την παρακίνηση των μαθητών να σκεφτούν πιο βαθιά, τα πειράματα καθοδηγούμενης διερεύνησης συχνά προσθέτουν ένα στοιχείο μυστηρίου στους μαθητές. Η άσκηση της ικανότητας κριτικής σκέψης τους αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών για τη δραστηριότητα. Το χρονοδιάγραμμα των πειραμάτων είναι συχνά κρίσιμο. Για να είναι πιο αποτελεσματικά, οι μαθητές θα πρέπει να εκτελούν το πείραμα πολύ πριν διδαχθούν τις έννοιες στο μάθημα στο πλαίσιο της κανονικής τάξης και μάλιστα είναι πιο επιτυχημένα όταν επικεντρώνονται σε μία μόνο έννοια και παρέχουν ευκαιρίες για ατομικό προβληματισμό και για συζήτηση στην τάξη. Εκτός από το πρόβλημα του χρονισμού των πειραμάτων, άλλο ένα αντιληπτό μειονέκτημα των πειραμάτων καθοδηγούμενης διερεύνησης είναι η πιθανή απογοήτευση των μαθητών. Ως πειράματα, γι' αυτή τη μέθοδο διδασκαλίας μπορούν να επιλεγούν έτοιμα πειράματα από επιστημονικά άρθρα ή να μετατραπούν πειράματα ανακάλυψης σε διερεύνησης. Συχνά ένα πείραμα επίδειξης μπορεί να ξαναγραφτεί έτσι ώστε το αποτέλεσμα της αντίδρασης να είναι άγνωστο στο μαθητή.⁵

Οι κονστрукτιβιστικές μέθοδοι διδασκαλίας είναι ανώτερες από τις παραδοσιακές διαλέξεις, και συγκεκριμένα, η μέθοδος καθοδηγούμενης διερεύνησης, αποτελεί έναν τύπο μεθοδολογίας που βασίζεται σε κονστрукτιβιστικές απόψεις και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη διδασκαλία της χημείας.¹

Οι ικανότητες που απαιτούνται για τα πειράματα καθοδηγούμενης διερεύνησης είναι οι εξής: ακολουθία οδηγιών, χρήση οργάνων, συλλογή και

ανάλυση δεδομένων, σύγκριση γραφημάτων και συγγραφή επιστημονικών εκθέσεων/φύλλων εργασίας με συμπεράσματα. Τα πειράματα ανοιχτού τύπου απαιτούν να τεθούν ερωτήματα, να εγείρουν επιστημονικές υποθέσεις, να προγραμματίσουν την εργασία, να εξετάσουν τις υποθέσεις, να αναζητηθούν επιστημονικές αναφορές και να εξαχθούν συμπεράσματα.⁴

Βιβλιογραφικά φαίνεται να υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες πειραμάτων καθοδηγούμενης διερεύνησης:

1. Συμπεράσματα αρχών όπως ο καθορισμός της πορείας, του μηχανισμού ή της στερεοεκλεκτικότητας μιας αντίδρασης.
2. Προσδιορισμός μιας άγνωστης ουσίας.
3. Εύρεση της δομής ενός μη αναμενόμενου προϊόντος.
4. Προσδιορισμός τάσεων και συμπερασμάτων από τη συλλογή πολλαπλών δεδομένων⁵

Ακόμα και πιο εξειδικευμένα γνωστικά αντικείμενα μπορεί να κατακτηθούν με τη δημιουργία διαδικασιών από τον εκπαιδευτικό που οδηγούν σε ένα προϊόν, η ταυτότητα του οποίου δεν θα είναι προφανής. Εξετάζοντας στην τάξη τις φυσικές, χημικές ή φασματοσκοπικές ιδιότητες του προϊόντος οι μαθητές μπορούν να αναγνωρίσουν το προϊόν και να εκλογικεύσουν την πορεία της αντίδρασης. Εξετάζεται μια επέκταση επίλυσης για μια άγνωστη δομή ενός μη αναμενόμενου προϊόντος μιας αντίδρασης και στη συνέχεια συμπεραίνεται ο μηχανισμός της αντίδρασης.⁵

Η δομημένη διερεύνηση (**structured inquiry**) είναι η μεθοδολογία κατά την οποία οι μαθητές εργάζονται πάνω σε μια ερευνητική διαδικασία βασισμένη σε μια ερώτηση που έχει διατυπωθεί από τον εκπαιδευτικό εντός του προβλεπόμενου πλαισίου. Το απαιτούμενο υλικό, οι διερευνητικές ερωτήσεις καθώς και η διαδικασία παρέχεται επίσης από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος γνωρίζει τα αποτελέσματα αλλά δεν τα αποκαλύπτει. Οι μαθητές πρέπει να ανακαλύψουν μόνοι τους μέσα από την επεξεργασία των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Αυτές οι δραστηριότητες είναι παρόμοιες με τις τυπικές δραστηριότητες των εγχειριδίων (cookbooks) απλώς με λιγότερες οδηγίες και λιγότερη καθοδήγηση. Η μέθοδος αυτή είναι καταλληλότερη για μαθητές δημοτικού.¹³

Τα πειράματα διερεύνησης που βασίζονται στην επίλυση προβλήματος (**problem-based inquiry**) αποτελεί μία κατηγορία ακόμα. Όσον αφορά στα πειράματα επίλυσης προβλημάτων αξίζει να σημειωθεί ότι δεν έχουν κανένα προκαθορισμένο αποτέλεσμα, αξιοποιείται επαγωγική προσέγγιση και το πείραμα σχεδιάζεται καθαρά από τους μαθητές. Αυτά τα πειράματα παρουσιάζονται συχνά στους μαθητές προκειμένου να προγραμματίσουν και να πραγματοποιήσουν ένα πείραμα για να λύσουν ένα προτεινόμενο πρόβλημα. Αυτά τα πειράματα δημιουργούν πολύ ενδιαφέρον και βελτιώνουν τις δεξιότητες κριτικής σκέψης, αν και απαιτούν εκτενή γνώση σχετικά με το θέμα της έρευνας από τους συμμετέχοντες μαθητές και είναι πολύ χρονοβόρες. Πειράματα βασισμένα σε προβλήματα, τα οποία είναι απαγωγικά από το σχεδιασμό, απαντώνται συχνά σε προπτυχιακά μαθήματα και σε εργαστήρια ιατρικής σχολής. Τα πειράματα διερεύνησης που είναι βασισμένα σε προβλήματα, όπως και τα πειράματα ανοιχτής διερεύνησης, έχουν έναν πειραματικό σχεδιασμό που δημιουργείται από τους μαθητές εντός των ορίων της γνώσης και της εμπειρίας τους.⁵

Μία ακόμα κατηγορία είναι η διερεύνηση που βασίζεται στα επιχειρήματα (**Argument-Driven Inquiry**, ADI). Η μέθοδος αυτή της διδασκαλίας έχει σχεδιαστεί για να εκμαιεύει επιστημονικές πρακτικές, όπως η επιχειρηματολογία και οι τρεις πτυχές της (γνωστική, επιστημονική, κοινωνική). Η ADI αποτελείται από έναν κύκλο τεσσάρων εβδομάδων για ένα μόνο πείραμα. Η πρώτη εβδομάδα για κάθε πείραμα αποτελείται από μια προεργαστηριακή δραστηριότητα στην οποία οι μαθητές πρέπει να προετοιμαστούν για την έρευνα που θα πραγματοποιήσουν, να εξοικειωθούν με τον εξοπλισμό και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται και να συγκεντρώσουν πληροφορίες για την ολοκλήρωση της ερευνητικής τους πρότασης που πρέπει να έχουν έτοιμη προκειμένου να σχεδιάσουν την έρευνά τους πάνω σε μια καθοδηγούμενη ερώτηση που παρέχεται για το συγκεκριμένο πείραμα. Η δεύτερη εβδομάδα αφορά τη διεξαγωγή του πειράματος από τους μαθητές και τη συλλογή δεδομένων. Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας, οι μαθητές αναλύουν δεδομένα και δημιουργούν ένα δοκιμαστικό επιχείρημα που απαντά στην καθοδηγητική ερώτηση που παρέχεται για το πείραμα. Ο ισχυρισμός, τα στοιχεία και η αιτιολόγησή τους παρατίθενται σε έναν πίνακα που δημιουργούν

οι ίδιοι. Οι ομάδες εναλλάσσονται σε όλη την τάξη προκειμένου να εμπλακούν σε μια «επιχειρηματολογική συνεδρία», όπου ασκούν κριτική και μοιράζονται τα πορίσματα και τους ισχυρισμούς τους. Στη συνέχεια, οι μαθητές δημιουργούν αναφορές έρευνας που περνούν από μια διαδικασία διπλής τυφλής αξιολόγησης από συμμαθητές τους κατά τη διάρκεια της τρίτης εβδομάδας. Μετά από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές μπορούν να αναθεωρήσουν την έκθεσή τους και να την υποβάλουν για να βαθμολογηθεί από τον διδάσκοντα. Η υποβολή της αναφοράς ολοκληρώνεται εκτός τάξης μετά τη διαδικασία αξιολόγησης από ομότιμους και έτσι δεν καταλαμβάνει μια επιπλέον εβδομάδα στο εργαστηριακό πρόγραμμα. Στους μαθητές που έχει εφαρμοστεί η συγκεκριμένη μέθοδος έχει παρατηρηθεί αύξηση των θετικής στάσης απέναντι στη χημεία, εντονότερη και ποιοτικότερη χρήση αποδεικτικών στοιχείων, συλλογισμών, επιστημονικών πρακτικών και επιχειρηματολογίας, τόσο γραπτής όσο και προφορικής, σε σύγκριση με τους μαθητές που συμμετέχουν σε εργαστήρια με παραδοσιακή διδασκαλία, ακόμα και σε ένα εξάμηνο. Αποτελεί μια μέθοδο διδασκαλίας που ενδείκνυται για εργαστήρια και κυρίως στην τριτοβάθμια εκπαίδευση λόγω των υψηλών απαιτήσεων που έχει.²¹

Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να εντάξουν στη διδασκαλία τους τη μέθοδο της διερεύνησης προκειμένου οι μαθητές να εμβαθύνουν παράλληλα στις **οκτώ επιστημονικές πρακτικές** οι οποίες είναι:

- A. η πραγματοποίηση ερωτήσεων,
- B. η ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
- C. ο σχεδιασμός και διενέργεια ερευνών,
- D. η ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων,
- E. η χρήση μαθηματικών και υπολογιστικής σκέψης,
- F. η δημιουργία επεξηγήσεων και συμπερασμάτων,
- G. η συμμετοχή σε επιχειρηματολογία από δεδομένα και
- H. η λήψη, αξιολόγηση και μεταφορά πληροφοριών.^{22, 23}

Σύμφωνα με τους Akuma και Callaghan καθώς το επίπεδο το διερεύνησης αυξάνει, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να εμπλακούν και σε

περισσότερες επιστημονικές πρακτικές. Αυτό φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των τύπων διερεύνησης στο σχολικό πλαίσιο σε συσχέτιση με τις επιστημονικές πρακτικές που μπορεί να αποκομίσουν οι μαθητές

| Τύπος διερεύνησης | Ερώτηση | Μέθοδος | Απαντήσεις | Επιστημονικές πρακτικές ¹ |
|-------------------|----------|----------|------------|--------------------------------------|
| Επιβεβαιωτική | Δίνεται | Δίνεται | Δίνονται | C, D, E |
| Δομημένη | Δίνεται | Δίνεται | Ανοιχτές | C, D, E, F, G, H |
| Καθοδηγούμενη | Δίνεται | Ανοιχτές | Ανοιχτές | B, C, D, E, F, G, H |
| Ανοιχτή | Ανοιχτές | Ανοιχτές | Ανοιχτές | A, B, C, D, E, F, G, H |

¹ οι επιστημονικές πρακτικές αναφέρονται με τη μορφή που υπάρχουν παραπάνω

Από τις τέσσερις κατηγορίες του πίνακα η πρώτη (επιβεβαιωτική) έχει τα ίδια προσδοκώμενα αποτελέσματα με την τυπική εργαστηριακή άσκηση και γι' αυτό δε συνηθίζεται να θεωρείται ότι έχει τα οφέλη της διερεύνησης.²³

1.4. Εξ αποστάσεως εκπαίδευση μέσω εργαστηρίων διερεύνησης

Τα τελευταία χρόνια, με αφορμή την πανδημία Covid-19, παρατηρείται μία στροφή στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση, η οποία άσκησε πίεση στα εκπαιδευτικά ιδρύματα, και ιδιαίτερα στους εκπαιδευτικούς, στην παράδοση μαθημάτων με καινοτόμους τρόπους, συχνά με περιορισμένους πόρους. Όμως, παρ' όλο που η ξαφνική μετάβαση στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση έφερε προκλήσεις, θεωρήθηκε ως ευκαιρία δημιουργίας εργαστηρίων χημείας που όχι μόνο ικανοποίησαν την ανάγκη για ασφαλή εργαστήρια στο σπίτι, αλλά παράλληλα ενσωμάτωσαν παιδαγωγικές πρακτικές που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία, όπως η εργαστηριακή μάθηση με βάση τη διερεύνηση.¹⁶ Πολύ σημαντικό ρόλο στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση διαδραμάτισαν και τα εικονικά εργαστήρια διερεύνησης. Το πλεονέκτημα του εικονικού εργαστηρίου έγκειται στη δυνατότητα διερεύνησης που αυτό μπορεί να παρέχει, χωρίς να δημιουργήσει ανησυχίες για την ασφάλεια, σε σχέση με τις συνέπειες των

επιλογών των μαθητών στο σχεδιασμό του εργαστηρίου. Οι εκπαιδευτικοί χημείας έχουν προτείνει πολλές καινοτόμες προσεγγίσεις για τη συγκεκριμένη μέθοδο διδασκαλίας.

Οι διαδικτυακές πλατφόρμες τηλεδιάσκεψης μπορούν να αξιοποιηθούν στην ανάπτυξη και πραγματοποίηση πειραμάτων τύπου διερεύνησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μαθητές παρακολουθούν βίντεο για να προετοιμαστούν για την εργαστηριακή δραστηριότητα και στη συνέχεια την πραγματοποιούν οι ίδιοι, ενώ καταγράφουν τη διαδικασία. Αυτή η τεχνική αναπτύσσει αποτελεσματικά δεξιότητες εργαστηρίου και ανάπτυξης λόγου. Φαίνεται πως οι μαθητές που διεξάγουν δραστηριότητες στο διαδίκτυο επιδεικνύουν αυξημένη μάθηση, ακόμα και βελτιωμένες ικανότητες επίλυσης προβλημάτων.⁷

Ένα διαδικτυακό εργαστηριακό μάθημα βασισμένο στην διερεύνηση, περιλαμβάνει ότι θα περιλάμβανε και αν ήταν δια ζώσης. Το εργαστηριακό εγχειρίδιο μπορεί να περιλαμβάνει μια σύντομη εισαγωγή στο μάθημα, σημειώσεις για κάθε πείραμα ή δραστηριότητα και επακόλουθες ερωτήσεις στις οποίες πρέπει να απαντήσουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια και μετά την ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας. Ακόμα οι μαθητές μπορούν να δουλέψουν σε μικρές ομάδες και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματά τους και σε φύλλα εργασίας και σε ομαδική εργασία, μέσω μιας δυνατότητας που παρέχουν οι πλατφόρμες τηλεεκπαίδευσης για απομόνωση μαθητών σε ομάδες. (break out rooms).^{7, 24}

Ένα κώλυμα αυτού βέβαια είναι η ουσιαστική κατανόηση και εμπειρία, που απαιτείται από τους μαθητές, σε προηγούμενους σχεδιασμούς εργαστηριακών πειραμάτων τέτοιου τύπου.¹²

Πολλοί εκπαιδευτικοί χημείας εκτιμούν τη μάθηση που βασίζεται στη διερεύνηση με εφαρμογές του πραγματικού κόσμου, πως καλλιεργούν το ενδιαφέρον των μαθητών και, ως εκ τούτου, τους παρακινεί να δώσουν τον καλύτερό τους εαυτό. Ωστόσο, μία τέτοιου είδους μέθοδος διδασκαλίας μπορεί να είναι πιο απαιτητική σε ένα διαδικτυακό περιβάλλον, ιδιαίτερα λόγω περιορισμένων πόρων και χρόνου προετοιμασίας. Οι Cabalsa και Abraham έδειξαν πως κάτι τέτοιο είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί μέσω πλατφόρμας

τηλεδιάσκεψης Zoom, όπου οι μαθητές ολοκληρώνουν μια προ-εργαστηριακή εργασία μεμονωμένα, παρακολουθούν προηχογραφημένες επιδείξεις μέσω της πλατφόρμας και συμπληρώνουν ένα φύλλο εργασίας καθοδηγούμενης έρευνας σε ομάδες, μέσω αιθουσών επισκέψεων (break-out sessions), ξεκινώντας με προϋπάρχουσα γνώση και εξελίσσοντας τη σταδιακά σε νέα γνώση.⁷ Επομένως μία τέτοια επέκταση θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και από την εργαστηριακή δραστηριότητα τύπου διερεύνησης που έχει αναπτυχθεί στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

1.5. Διαφωνίες εφαρμογής διερευνητικής μεθόδου

Φυσικά η αξιοποίηση του εργαστηρίου ως περιβάλλον μάθησης, προκαλεί και διάφορους προβληματισμούς στην επιστημονική και εκπαιδευτική κοινότητα καθώς η ανάπτυξη επιστημονικών ιδεών μέσω της πρακτικής εμπειρίας, πιθανόν να επιφέρει δυσκολότερα την εννοιολογική αλλαγή, ενώ παράλληλα απαιτεί αρκετό χρόνο και ευκαιρίες για προβληματισμό και αλληλεπίδραση προκειμένου να επιτευχθεί η ουσιαστική μάθηση.^{2, 4}

Μια δυσκολία ορισμού της μάθησης βάσει διερεύνησης είναι ο τρόπος με τον οποίο τα εθνικά εκπαιδευτικά πρότυπα την αναφέρουν ως λίστες δραστηριοτήτων μη δίνοντας την κατάλληλη αξία ως προς τα μαθησιακά της αποτελέσματα.¹

Πολλοί εκπαιδευτικοί θεωρούν εξαιρετικά σύνθετη τη διεξαγωγή εργαστηριακών ασκήσεων λόγω της δυσκολίας της προσαρμογής τους στις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών, ιδιαίτερα αυτών με χαμηλά κίνητρα και δεξιότητες. Παράλληλα υπάρχει και έντονη αναντιστοιχία στους στόχους που θέτουν οι εκπαιδευτικοί για μία τέτοια διαδικασία, σε σχέση με τις προσδοκίες των μαθητών από αυτή.^{2, 25} Δεδομένου ότι η εποχή που διανύουμε έχει ως κύριο στόχο τον επιστημονικό γραμματισμό όλων των μαθητών ανεξαρτήτως υποβάθρου και γνωστικής ικανότητας, η προαναφερθείσα αναντιστοιχία τείνει να εξαλειφθεί. Σε αυτή τη διαδικασία σημαντικό ρόλο παίζει ο βαθμός προσαρμογής των εκπαιδευτικών. Οι εκπαιδευτικές διαδικασίες, στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών, πρέπει να συνάδουν με τα χαρακτηριστικά των μαθητών, ώστε να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας και της μάθησης.^{2, 22}

Η έλλειψη κατάλληλης επαγγελματικής κατάρτισης των εκπαιδευτικών των φυσικών επιστημών για τη διδασκαλία σε εργαστήρια με γνώμονα τη διερεύνηση, με επίκεντρο τους μαθητές, αποτελεί ένα ακόμα κώλυμα της μεθόδου αυτής. Έτσι συνήθως, αντί να λειτουργούν ως διαμεσολαβητές και πάροχοι καθοδήγησης, φαίνεται να πράττουν αποκλειστικά ως πηγή επιστημονικών πληροφοριών και γνώσεων.^{2,3,4}

Οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να παρουσιάζουν ως εμπόδιο τα «υλικά» προκειμένου να πραγματοποιήσουν τα πειράματα διερεύνησης. Αυτά φυσικά αναφέρονται και στα υλικά που είναι δοσμένα από την πορεία της διαδικασίας αλλά και από αυτά που πρέπει να χρησιμοποιούν προκειμένου να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα. Τα έξοδα αναφέρονται επίσης από τους εκπαιδευτικούς ως κώλυμα για την πρακτική άσκηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Βέβαια σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των Boesdorfer και Livermoreb, τα προσωπικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών, πιθανώς οι πεποιθήσεις και οι γνώσεις τους, είναι πιο σημαντικά από τα υλικά και τη διαθεσιμότητά τους για την επιλογή διαφορετικών εκπαιδευτικών πρακτικών στην τάξη.³

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν μία δυσκολία στην έννοια της «έρευνας», όπως χρησιμοποιείται βιβλιογραφικά. Η βιβλιογραφία αναφέρει τον όρο τόσο για να περιγράψει τη διδασκαλία όσο και την επιστήμη γενικότερα, γεγονός που δημιουργεί μια ασάφεια, που συχνά τους κάνει απορριπτικούς ως προς αυτή.^{3,17} Στην Ελλάδα, χρησιμοποιείται κυρίως ο όρος “διερεύνηση” για αυτό το είδος διδασκαλίας, ο οποίος και διακρίνεται από την έρευνα που χρησιμοποιεί η επιστήμη γενικότερα.

Επιπλέον, οι αρχάριοι μαθητές παρουσιάζουν περιορισμένες γνωστικές ικανότητες επεξεργασίας πληροφοριών, γεγονός που δυσκολεύει την εκτέλεση μιας εργαστηριακής δραστηριότητας, με βάση τη διερεύνηση.⁶

Ένας ανησυχητικός τομέας που διαφαίνεται βιβλιογραφικά, με βάση τις αναφορές των μαθητών, ήταν η τάση τους να παραμελούν ρητά την καθοδήγηση του βασικού ζητήματος της δραστηριότητας. Η εστίαση των μαθητών στις παραμέτρους φαίνεται προβληματική, δεδομένου ότι μια

θεμελιώδης πρακτική στην επιστήμη είναι να κάνουν ερωτήσεις για να ενημερώνουν τις έρευνες.²⁶

Ακόμα, οι εργαστηριακοί οδηγοί εστιάζουν κυρίως σε τεχνικές εκτέλεσης των ασκήσεων ενώ απουσιάζει συνήθως η κριτική σκέψη και συνεπώς η ουσιαστική επαφή των μαθητών με τη γνώση και την επιστήμη.² Μάλιστα πολλές φορές έχουν δεχτεί κριτικές, καθώς χρησιμοποιούνται χωρίς ιδιαίτερη σκέψη και ξεκάθαρο σκοπό, στερώντας από τους μαθητές την ευκαιρία για προβληματισμό και αλληλεπίδραση, καθώς και για καλλιέργεια μεταγνωστικών ικανοτήτων. Τις περισσότερες φορές μάλιστα, η διάθεση κατάλληλου χρόνου για την διεξαγωγή μιας τέτοιας πειραματικής διαδικασίας απουσιάζει πλήρως, με αποτέλεσμα να έχουν πολύ λίγες ευκαιρίες να παρουσιάζουν τους προβληματισμούς τους και τις ερμηνείες τους στα διάφορα φαινόμενα.^{14, 25}

Σε γενικές γραμμές, αν και η εκπαιδευτική κοινότητα έχει δώσει στο εργαστήριο ένα διακριτό ρόλο, οι έρευνες συχνά αποτυγχάνουν να αποδείξουν απλοϊκές σχέσεις μεταξύ των εργαστηριακών δραστηριοτήτων και της μάθησης των μαθητών. Ο Hodson το 1990, όπως επισημαίνουν οι Hofstein και Lunetta, επέκρινε την εργαστηριακή εργασία και ισχυρίστηκε ότι είναι μη παραγωγική και μπερδεμένη, καθώς χρησιμοποιείται πολύ συχνά αδιανόητα χωρίς κανένα σαφώς μελετημένο σκοπό, και ζήτησε περισσότερη εστίαση σε αυτό που οι μαθητές κάνουν πραγματικά στο εργαστήριο.²

Ακόμα, πολλοί κατηγορούν την αξιοποίηση των εργαστηρίων διερεύνησης λόγω του ότι η άποψη που σχηματίζεται μέσω του κονστρουκτιβισμού για αυτή, είναι περισσότερο περίπλοκη, παρ' όλο που η εννοιολογική αλλαγή φαίνεται απλή.¹⁴

Όλα τα παραπάνω αποτελούν λόγους για τους οποίους η διαδικασία της εφαρμογής της διερευνητικής προσέγγισης προσδίδει μεγάλο άγχος στους εκπαιδευτικούς και χρειάζεται χρόνος για αυτούς προκειμένου να εξοικειωθούν με αυτή. Η συνεχής υποστήριξη των εκπαιδευτικών από αρμόδιους εκπαιδευτικούς και από την πολιτεία μπορεί να τους ενισχύσει την επαγγελματική τους πρακτική και έτσι να αποκτήσουμε νέα, υψηλότερα παιδαγωγικά πρότυπα.⁴

1.6. Αξιολόγηση διερευνητικής μεθόδου

Όπως έχει ήδη φανεί, τα, βασισμένα στη διερεύνηση, σχολικά εργαστήρια, αποτελούν εξαιρετικά μαθησιακά περιβάλλοντα για τους μαθητές. Παρ' όλης της σπουδαιότητας των εργαστηρίων στην επιστήμη της χημείας, το γεγονός ότι τα επιτεύγματα και η έρευνα των μαθητών δεν περιλαμβάνονται στην τελική αξιολόγηση και βαθμολόγηση των μαθητών, οδηγεί στην απώλεια του κεντρικού τους ρόλου.⁴ Για το λόγο αυτό οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν, ως τακτικό μέρος της αξιολόγησης του μαθήματος, την πορεία των μαθητών μέσα σε αυτά.²

Σε ένα μεγάλο βαθμό παρατηρείται έντονη έλλειψη έγκυρων και χρησιμοποιούμενων εργαλείων για την αξιολόγηση των επιτευγμάτων και της προόδου των μαθητών στα εργαστήρια διερεύνησης. Φυσικά αυτό οφείλεται και σε έλλειψη εμπειρίας από τους εκπαιδευτικούς. Συνεπώς, σε πολλές περιπτώσεις, οι τελικοί βαθμοί των μαθητών δεν περιλαμβάνουν τα επιτεύγματά τους στις δεξιότητες που αναπτύσσουν σε ένα σχολικό εργαστήριο διερεύνησης. Έτσι, είναι πάντα πιθανό οι μαθητές να απορρίπτουν την εργαστηριακή διαδικασία ως ένα σημαντικό και ολοκληρωμένο συστατικό της εκμάθησης χημείας.²

Η Cara Hale-Hanes το 2015, πρότεινε ένα τρόπο αξιολόγησης των μαθητών, ο οποίος περιλάμβανε, δύο διαμορφωτικές αξιολογήσεις, μία πριν από τη διεξαγωγή του πειράματος στο εργαστήριο διερεύνησης και μία μετά. Αυτές περιείχαν μία ερώτηση ανοιχτού τύπου, καθώς και μία που αφορούσε το σχεδιασμό ενός πειράματος-έρευνα, στο εννοιολογικό πλαίσιο που οριζόταν η εργαστηριακή δραστηριότητα. Η τελική αξιολόγηση περιλάμβανε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.¹² Παράλληλα οι Cuartero και Crespo πρότειναν ως αξιολόγηση ενός εργαστηρίου τύπου διερεύνησης, τρεις διαφορετικές πηγές πληροφοριών: καθημερινές παρατηρήσεις από τους εκπαιδευτικούς κατά την ανάπτυξη του εργαστηρίου, αξιολόγηση της προφορικής παρουσίασης και της γραπτής αναφοράς των αποτελεσμάτων και τυφλές ατομικές συνεντεύξεις με τους μαθητές. Θεώρησαν μάλιστα απαραίτητο από τη μεριά του εκπαιδευτικού να αναθέτει στους μαθητές την επίλυση ενός προβλήματος, προτείνοντάς τους τη διεξαγωγή ομαδικής συνάντησης προκειμένου να μοιραστούν και να συζητήσουν το σύνολο της εργασίας μέχρι να ολοκληρωθεί η κατανόηση και να

επέλθει συμφωνία όλων των μελών. Επιπλέον, έγιναν ατομικές ερωτήσεις στους μαθητές μετά την προφορική παρουσίαση που δεν αφορούσε το θεωρητικό κομμάτι που είχαν την ευθύνη. Στόχος ήταν η επαλήθευση της αποτελεσματικότητας των μεταγνωστικών δεξιοτήτων που αποκτήθηκαν στη βάση μιας καλά οργανωμένης ομαδικής εργασίας.²⁷

Η μάθηση με νόημα, ή η σκόπιμη ενσωμάτωση της νέας γνώσης στο υπάρχον πλαίσιο γνώσης ενός μαθητή, εμφανίζεται στη συμβολή των γνωστικών, ψυχοκινητικών και συναισθηματικών τομέων της μάθησης. Έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές καθοδηγούνται κυρίως από συναισθηματικούς στόχους, όπως η επιθυμία να αισθάνονται καλά ολοκληρώνοντας τις απαιτήσεις. Οι κονστρουκτιβιστικές θεωρίες της μάθησης, τονίζουν τον ρόλο που παίζουν οι μαθητές στον δική τους μάθηση. Εάν οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για την κατασκευή της γνώσης τους, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν οι στόχοι τους για μάθηση. Ωστόσο, ο καθορισμός στόχων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία καθώς οι μαθητές μπορεί να επιδιώκουν πολλούς στόχους ταυτόχρονα, οι οποίοι μπορεί να αλλάζουν αναλόγως το πλαίσιο της τάξης και μάλιστα αντικρουόμενους, πολλές φορές, με αυτούς των εκπαιδευτικών. Οι μαθητές αισθάνονται άσχημα όταν καθυστερούν και κάνουν λάθη ενώ παράλληλα επηρεάζεται και η αυτοεικόνα τους, γεγονότα που ανήκουν στην κατηγορία του συναισθηματικού τομέα.^{10, 28}

Οι Mamlok-Naaman και Barnea επίσης αναφέρουν ότι η αξιολόγηση σε ένα εργαστήριο τύπου διερεύνησης μπορεί να πραγματοποιηθεί και από τα φύλλα εργασίας που θα συμπληρωθούν από τους μαθητές κατά τη διάρκεια του, καθώς και από ένα παρόμοιο πρόβλημα που θα τους ανατεθεί.⁴

Ένα ακόμη εργαλείο αξιολόγησης της διερευνητικής εργαστηριακής μεθόδου διδασκαλίας, αποτελεί ο συνδυασμός μιας γραπτής έκθεσης των μαθητών «hot report», η οποία προετοιμάζεται κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου ή αμέσως μετά απ' αυτό, και των παρατηρήσεων του εκπαιδευτικού για τους μαθητές της κάθε ομάδας. Η ανάπτυξη αυτού του εργαλείου αξιολόγησης περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των κριτηρίων αξιολόγησης και το βάρος που αποδίδεται σε κάθε κριτήριο. Κάθε ομάδα φτιάχνει τη δικιά της έκθεση και αξιολογούνται οι ερωτήσεις που έθεσαν οι μαθητές, η έρευνα που έκαναν και το πείραμα που πρότειναν για να διερευνηθεί

η επιλεγμένη ερώτηση. Παράλληλα δίνονται ερωτηματολόγια πριν και μετά τη δοκιμή, με στόχο την αξιολόγηση στις δεξιότητες σκέψης των μαθητών αντί να εξετάζονται μόνο οι γνωστικές. Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος σε ομάδες, οι μαθητές πραγματοποιούν μια ανεξάρτητη έρευνα, στην οποία διατυπώνουν την υπόθεση, σχεδιάζουν το πείραμα, αναλύουν τα αποτελέσματα και βγάζουν τα συμπεράσματά τους.⁴

Η αξιολόγηση των μαθητών μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ερωτηματολογίου, στο πλαίσιο του συναισθηματικού τομέα, απέναντι στη διεξαγωγή των ασκήσεων και των πρακτικών που χρησιμοποίησαν. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από μία τέτοια αξιολόγηση είναι σημαντικά για την ενίσχυση της μάθησης των μαθητών, καθώς η βιβλιογραφία δείχνει συσχέτιση μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών για το μαθησιακό περιβάλλον στην τάξη και τις μαθησιακές-γνωστικές τους προσεγγίσεις.^{9,29} Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα πραγματοποιηθεί τέτοιου είδους αξιολόγηση, με ερωτήσεις ανοιχτού τύπου.

Η αξιολόγηση της μεθόδου διδασκαλίας χρησιμοποιώντας ποιοτικά χαρακτηριστικά εστιασμένα στο μαθητή και το θεωρητικό πλαίσιο νοητικών μοντέλων, προσεγγίζει περισσότερο μια κονστрукτιβιστική προσέγγιση της διδασκαλίας, η οποία επικεντρώνεται στον μαθητή. Έτσι εξετάζονται άμεσα μεμονωμένοι γνωστικοί μηχανισμοί μάθησης για ανάπτυξη δραστηριοτήτων βασισμένων στη διερεύνηση.¹

1.7. Συμπέρασμα

Καταληκτικά, οι εργαστηριακές δραστηριότητες, σε ένα εργαστηριακό μαθησιακό περιβάλλον με βάση την διερεύνηση, βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν υλικά, φαινόμενα, εννοιολογικά πλαίσια και μοντέλα στο πλαίσιο της μαθητικής-επιστημονικής κοινότητας. Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ουσιαστική νέα γνώση σχετικά με τη γνωστική ανάπτυξη και την εκμάθηση της φύσης της επιστήμης. Ακόμα, ο εντοπισμός και η τοποθέτηση ερωτημάτων επιστημονικού προσανατολισμού, η διαμόρφωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός και διεξαγωγή επιστημονικών ερευνών, η διατύπωση και αναθεώρηση επιστημονικών εξηγήσεων, η επικοινωνία και υπεράσπιση επιστημονικών επιχειρημάτων, αποτελούν εφόδια τα οποία οι μαθητές μπορούν να

αποκομίσουν από τη συγκεκριμένη εκπαιδευτική διαδικασία. Η ανάπτυξη επιστημονικά εγγράμματων πολιτών και η κατανόηση της αξίας της συνεργασίας αποτελούν δύο χαρακτηριστικά τα οποία επιβεβαιώνουν τον πολλαπλό ρόλο του εργαστηρίου διερεύνησης στην επιστημονική διαδικασία. Επομένως, άρτια σχεδιασμένα πειράματα σε ένα σχολικό, επιστημονικό εργαστήριο, ή ακόμα και στην τάξη, επικεντρωμένα στην διερεύνηση μπορεί να παρέχουν μια πληθώρα ευκαιριών σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο το εκπαιδευτικό σύστημα πρέπει να παρέχει χρόνο και ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να αλληλεπιδρούν με τους μαθητές τους και επίσης χρόνο στους μαθητές να αποδίδουν και να αντανakλούν σε πολύπλοκες ερευνητικές εργασίες. Ακόμα και οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να αναπτύξουν μια πιο θετική στάση απέναντι στη συγκεκριμένη μέθοδο, ξεφεύγοντας από τη δασκαλοκεντρική προσέγγιση. Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών πρέπει να απομακρυνθούν από την απλή απομνημόνευση του επιστημονικού λεξιλογίου.²²

Δυστυχώς στην Ελλάδα παρατηρείται πως ολοένα και περισσότερο οι εργαστηριακές εμπειρίες, η καρδιά οποιασδήποτε επιστήμης, έχουν περιοριστεί σε τεχνοκρατικά εργαστήρια με ελάχιστους πόρους και τρομερές ελλείψεις σε χρόνο, χώρο και εξοπλισμό.

Παρ' όλα αυτά, στην Ελλάδα βάσει των νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών, οι εκπαιδευτικοί συνίσταται να εφαρμόζουν τη διερευνητική προσέγγιση στη διδασκαλία τους και μάλιστα όσο το δυνατόν περισσότερο.

Σε αυτή λοιπόν την εποχή της συνεχούς εξέλιξης της επιστημονικής έρευνας και των μεθόδων διδασκαλίας, η ανάπτυξη εργαστηριακών ασκήσεων για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, με εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης καθίσταται αναγκαία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΝΖΥΜΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΒΑΣΙΣΤΗΚΕ Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

2.1. Γενικά

Τα περισσότερα ένζυμα είναι πρωτεΐνες που έχουν εξελιχθεί ώστε να λειτουργούν ως καταλύτες για χημικές αντιδράσεις στα ζωντανά συστήματα. Όπως όλοι οι καταλύτες, τα ένζυμα επιταχύνουν τις αντιδράσεις που καταλύουν. Χωρίς τα ένζυμα, πολλές σημαντικές χημικές αντιδράσεις στα ζωντανά συστήματα θα ολοκληρώνονταν εντός ημερών ή ακόμη και ετών, και οι περισσότεροι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, δεν θα μπορούσαν να επιβιώσουν.^{30, 31}

Τα πειράματα με βάση τα ένζυμα εισάγουν την έννοια των ενζύμων σε απλούστερο, πρακτικό επίπεδο, εστιάζοντας στο γεγονός ότι οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τη χημεία σε καθημερινή βάση. Οι μαθητές συχνά συναντούν στοιχεία που απεικονίζουν τη δράση των ενζύμων. Για παράδειγμα, τα ένζυμα βρίσκονται συνήθως σε προϊόντα διατροφής, και η δραστηριότητα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως διαθεματική δραστηριότητα, ελέγχοντας την επίδραση του διαφόρων παραγόντων αναστολής των ενζύμων.^{30, 31}

Η δράση των ενζύμων αποτελεί ένα κεντρικό θέμα της μελέτης των βιολογικών συστημάτων. Μια προσέγγιση για να γίνει αυτό το θέμα δεκτό στην εξερεύνηση των μαθητών είναι να τοποθετηθεί η μαθησιακή εμπειρία στο πλαίσιο ενός συστήματος που είναι οικείο και σχετικό με τους μαθητές, όπως η αμάρωση των φρούτων και λαχανικών που παρατηρείται μετά το κόψιμό τους.²⁶

Υπάρχουν διάφορα ήδη αντιδράσεων αμάρωσης (Maillard, καραμελοποίησης, κλπ), όμως στη συγκεκριμένη ερευνητική διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με την ενζυμική αμάρωση, η οποία παρουσιάζεται σε διάφορα φρεσκοκομμένα φρούτα και λαχανικά, και δεν αλλάζει τη γεύση τους ούτε παρουσιάζει κάποια τοξικότητα. Η ενζυμική αμάρωση αποτελεί μία γρήγορη αντίδραση, που απαιτεί έκθεση των ιστών σε οξυγόνο, καταλύεται από ένζυμα και συμβαίνει κυρίως στους φυτικούς ιστούς. Είναι ένα έντονο φαινόμενο, το οποίο γενικά είναι ανεπιθύμητο.^{32, 33, 34}

2.2. Ενζυμική Αμαύρωση μήλου – Οξειδάση της πολυφαινόλης (PPO)

Κατά την ενζυμική αντίδραση αμαύρωσης πραγματοποιείται μετατροπή φαινολικών ενώσεων σε μελανίνες, μέσω ενζύμων, γνωστά ως οξειδάσες της πολυφαινόλης (PPO) ή 1,2-βενζολοδιόλη ή οξειδοαναγωγή οξυγόνου. Η συστηματική ονομασία του ενζύμου αυτού είναι ορθο-διφαινολική οξειδοαναγωγή και μπορεί να την εντοπίσουμε βιβλιογραφικά με διάφορες κοινές ονομασίες όπως τυροσινάση, πολυφαινόλαση, οξειδάση της κατεχόλης, κρεσολάση, κατεχολάση (EC 1.10.3.1).³⁵ Οι οξειδάσες της πολυφαινόλης ανακαλύφθηκαν για πρώτη φορά στα μανιτάρια και είναι ευρέως διαδεδομένες στη φύση. Η PPO θεωρείται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην αντίσταση των φυτών σε μικροβιακές και ιογενείς λοιμώξεις καθώς και σε δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες. Φυτά, τα οποία παρουσιάζουν συγκριτικά υψηλή αντοχή στο κλιματικό στρες, έχει αποδειχθεί ότι έχουν σχετικά υψηλότερα επίπεδα PPO από μια πιο ευαίσθητη ποικιλία.³²

Η δράση της PPO είναι χρήσιμη στην παραγωγή μαύρου τσαγιού και σταφίδας, μεταδίδοντας ευχάριστα χρώματα και αρώματα. Ωστόσο, η ενζυμική αμαύρωση PPO οδηγεί σε μία αρνητική αντίδραση κατά την επεξεργασία του χυμού φρούτων αλλά και των φρέσκων φρούτων και λαχανικών που συχνά συνδέονται με ανεπιθύμητα καφέ χρώματα, δυσάρεστες γεύσεις και αρνητικές επιπτώσεις για τη διατροφική τους αξία. Φυσικά μπορεί να επιτευχθεί πρόληψη ανεπιθύμητων αντιδράσεων που προκαλούν το χαρακτηριστικό καφέ χρώμα, που καταλύονται από PPO, με διάφορες χημικές και μη ουσίες.³⁶

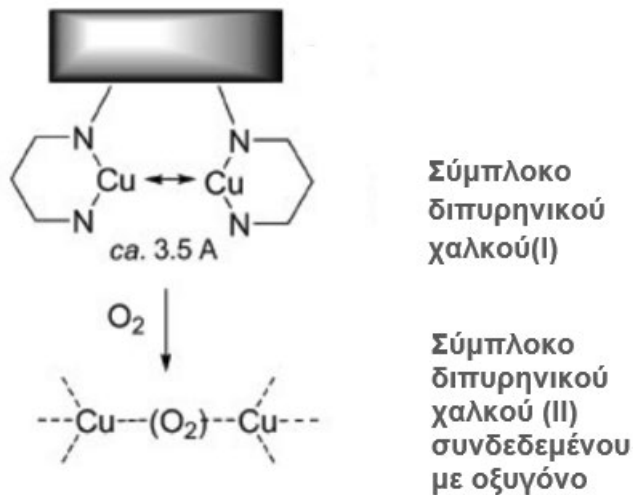
Η οξειδάση πολυφαινόλης βρίσκεται σε διάφορα είδη φυτών, συγκεκριμένα σε πλαστίδια ή στους χλωροπλάστες παρουσιάζοντας *μέγιστη δραστηριότητα σε pH=4*. Ωστόσο, υπάρχουν λίγα πειραματικά στοιχεία που δείχνει την ακριβή θέση της PPO στα κύτταρα του μήλου. Οι Murata et. al. μελετώντας την ακριβή θέση της, απέδειξαν ανοσοχημικά ότι το ένζυμο βρίσκεται κοντά στα κυτταρικά τοιχώματα κυρίως πλαστιδίων και λιγότερο μιτοχονδρίων.³⁵ Η PPO μπορεί να υπάρξει και ελεύθερη στο κυτταρόπλασμα των φυτών που γερνούν ή ωριμάζουν.³² Η PPO οξειδώνει τις πολυφαινόλες στις αντίστοιχες κινόνες. Αυτές οι κινόνες πολυμερίζονται με κινόνες ή αμίνες για σχηματισμό καφέ χρωστικών. Η PPO είναι υπεύθυνη για την ενζυμική αμαύρωση, που συχνά παρατηρείται σε φρούτα και λαχανικά όπως μήλα,

μπανάνες και μαρούλι. Τα υποστρώματα του ενζύμου, οι πολυφαινόλες, βρίσκονται στα κενοτόπια. Μόνο όταν σπάνε τα κύτταρα ξεκινάει η αντίδραση αμαύρωσης, για παράδειγμα με το κόψιμο αυτών, καθώς τότε μόνο έρχονται σε επαφή. Αυτός είναι και ο λόγος που όταν τα κύτταρα είναι άθικτα δε γίνονται καφέ.³⁵

Ο έλεγχος της ενζυμικής αμαύρωσης των φρούτων και των λαχανικών εξαρτάται από την κατανόηση του μηχανισμού της αντίδρασης που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο, τις ιδιότητες του ενζύμου PPO, τα υποστρώματα και τους αναστολείς τους, και τους χημικούς, βιολογικούς και φυσικούς παράγοντες που επηρεάζουν καθεμία από αυτές τις παραμέτρους. Αφού γίνουν κατανοητά τα παραπάνω, μπορούν να εφαρμοστούν είτε στην αναστολή τη αντίδρασης που προκαλεί το χαρακτηριστικό καφέ χρώμα είτε στην επιβράδυνση του ρυθμού της, παρατείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής των προϊόντων.³²

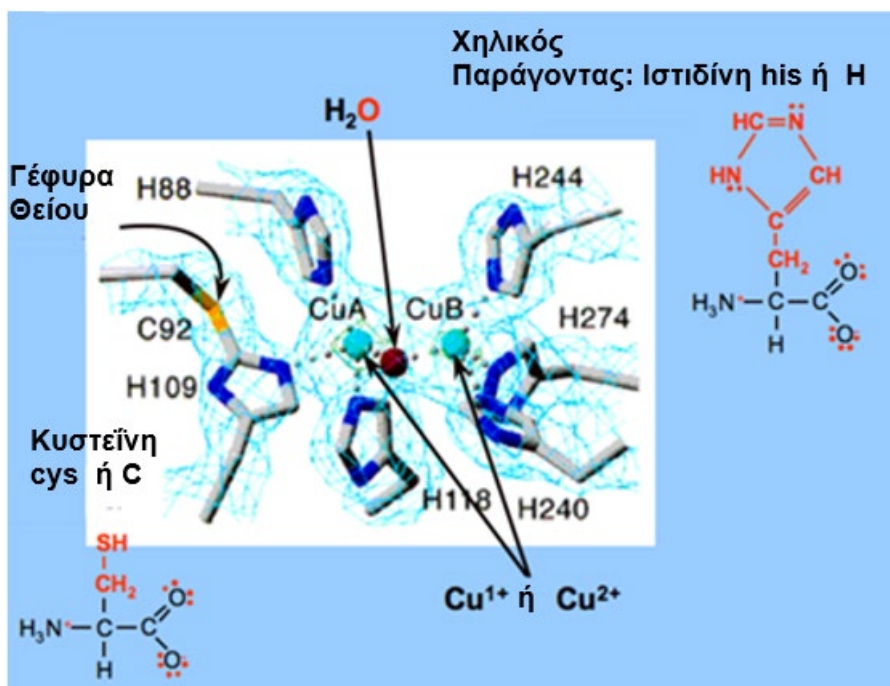
Τα ένζυμα αυτά έχουν ως αποδέκτη ηλεκτρονίων το οξυγόνο και ως προσθετική ομάδα το χαλκό, τα οποία είναι απαραίτητα για την πραγματοποίηση της αντίδρασης. Κάθε βλάβη των φυτικών ιστών (τραυματισμός, θέρμανση κλπ) μπορεί να προκαλέσει ενεργοποίηση της πολυφαινολικής οξειδάσης.³²

Πιο συγκεκριμένα τα ένζυμα οξειδάσες της πολυφαινόλης αποτελούν πολυμερή θερμοανθεκτικά ένζυμα, που περιέχουν δισθενή χαλκό δεσμευμένο από γειτονικές ιστιδίνες. Η γενική αρχή δέσμευσης του οξυγόνου, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ενζυμική αμαύρωση, διαφαίνεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1: Δέσμευση οξυγόνου από δισθενή χαλκό

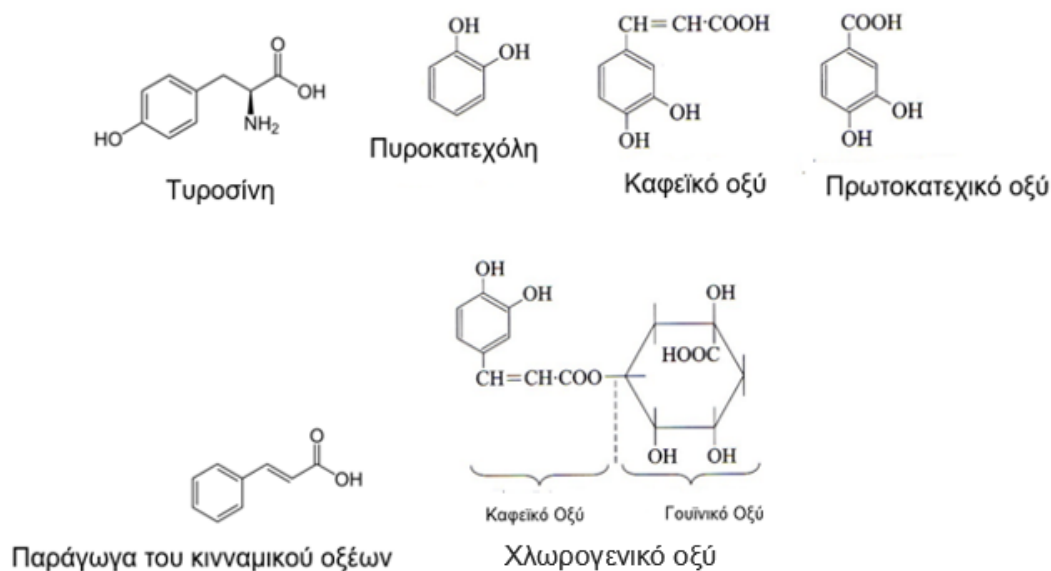
Το ενεργό κέντρο του ενζύμου περιέχει διπυρηνικό χαλκό. Οι μονοφαινόλες συνδέονται με ένα άτομο χαλκού, ενώ οι διφαινόλες με δύο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μονοφαινολασική δράση παράγει 2 ηλεκτρόνια τα οποία απαιτούνται για την ενσωμάτωση ενός O στο υπόστρωμα.



Εικόνα 2: Ενεργό κέντρο ενζύμου PPO

Τα υποστρώματα των πολυφαινολασών τα οποία εντοπίζονται στα χυμοτόπια των φυτικών κυτάρων είναι κυρίως απλές φαινόλες, όπως η τυροσίνη και οι ο-διφαινόλες (κατεχόλη), καθώς και παράγωγα του κινναμικού

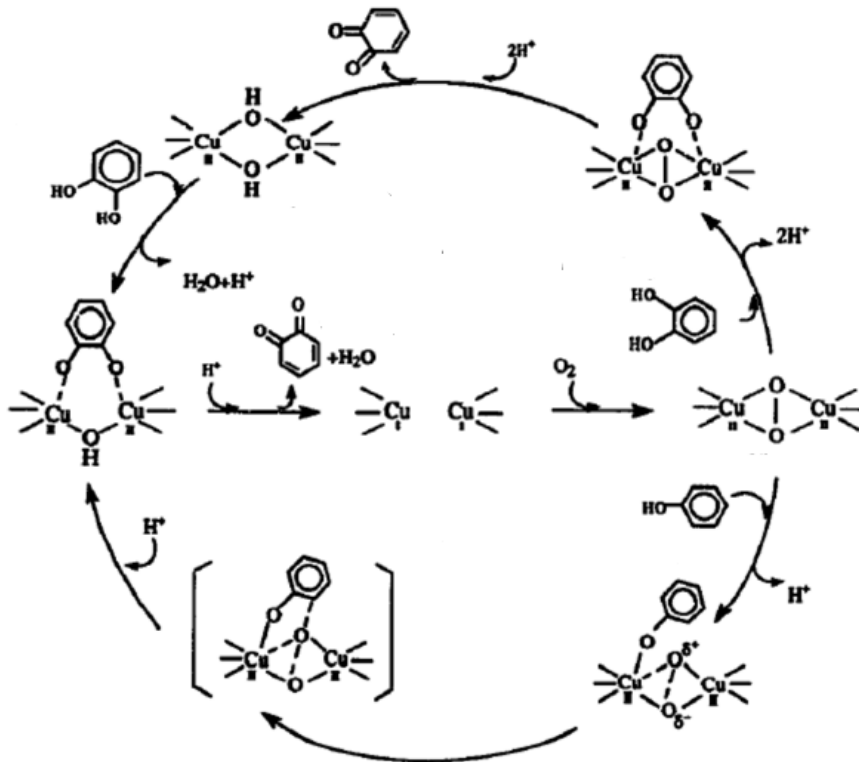
οξέος, με πιο σημαντικό το χλωρογενικό οξύ. Τα υποστρώματα αυτά, έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζουν μυκητοκτόνες ιδιότητες.³²



Εικόνα 3: Υποστρώματα πολυφαινολασών

Πιο συγκεκριμένα τα φαινολικά υποστρώματα που υπάρχουν στα μήλα είναι το χλωρογενικό οξύ, η κατεχόλη, η κατεχίνη, το καφεϊκό οξύ, η 3,4-διυδροξυφαινουλαανίνη (DOPA), η 3,4-διυδροξυβενζοϊκό οξύ, η p-κρεσόλη, η 4-μεθυλοκατεχόλη, η λευκοκυανιδίνη, το p-κουμαρικό οξύ και φλαβονοειδή. Το χλωρογενικό οξύ φαίνεται να είναι καλύτερο υπόστρωμα της PPO των μήλων από τις κατεχίνες.

Η οξειδοαναγωγική αντίδραση της ενζυμικής αμαύρωσης των μήλων που λαμβάνει χώρα απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα 4:



Εικόνα 4: Αντιδράσεις ενζυμικής αμαύρωσης μήλου

Αυτή η φυσική ενζυμική διαδικασία αμαύρωσης εκτιμάται ότι ευθύνεται για έως και 50% των εμπορικών απωλειών και, ως εκ τούτου, έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις. Η αμαύρωση των μήλων αποτελεί ένα πολύ οικείο σύστημα για τους μαθητές, και μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα εργαστήριο χημείας που βασίζεται στη διερεύνηση.²⁶

2.2.1. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι περιορισμού της ενζυμικής αμαύρωσης, όπως:

1. Μετουσίωση πολυφαινόλασών με θέρμανση

Η αδρανοποίηση της οξειδάσης της πολυφαινόλης γίνεται σε υψηλή θερμοκρασία σε μικρό χρόνο. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι τα φρούτα και τα λαχανικά εμφανίζονται σαν βρασμένα (αλλαγές δομής), με μη κανονικές γεύσεις και οσμές. Ακόμα μπορεί να εφαρμοστεί η χρήση μικροκυμάτων, όπου το προϊόν διατηρεί τη δομή του.

2. Χρήση διοξειδίου του θείου και θειωδών αλάτων για τη δέσμευση των φαινολικών υποστρωμάτων του ενζύμου

Το διοξείδιο του θείου και τα θειώδη άλατα είναι ισχυροί αναστολείς της πολυφαινόλασης. Παρεμποδίζουν επίσης και τη μη ενζυμική αμαύρωση. Η αναστολή της ενζυμικής αμαυρώσεως ευνοείται σε $pH < 5$. Βέβαια στα τρόφιμα δεν ενδείκνυται να αξιοποιείται αυτή η μέθοδος καθώς φαίνεται να έχει δυσμενή αποτελέσματα στην υγεία.³⁷

3. Χρήση οξέων (και δέσμευση του χαλκού με ασκορβικό οξύ)

Το βέλτιστο pH για τις περισσότερες πολυφαινόλασες είναι μεταξύ 4 και 7. Η προσθήκη οξέος μπορεί να αποτρέψει την ενζυμική αμαύρωση καθώς και να μειώσει το οξυγόνο, κατά τη διαδικασία κονσερβοποίησης των μήλων απουσία αέρα.

4. Τροποποίηση του υποστρώματος (μεθυλίωση)

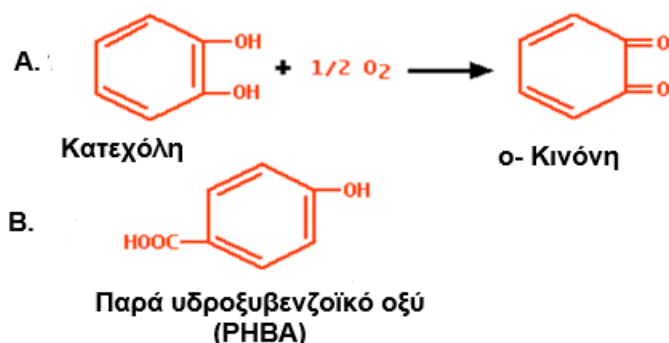
Πραγματοποιείται με ενζυμική μεθυλίωση της ο-δΐυδροξυ δομής από μία ο-μεθυλοτρανσφεράση, ένζυμο που απαντάται σε φυτικούς ιστούς. Γίνεται μεταφορά μεθυλομάδας από S-αδενοσυλομεθειονίνη σε ο-διφαινόλη. Ουσιαστικά κομμένα φρούτα και λαχανικά βυθίζονται σε υδατικό διάλυμα με ελαφρώς αλκαλικό pH κάτω από αναερόβιες συνθήκες για 3 λεπτά ως 5 ώρες στους 20- 40 °C. Έπειτα τα κομμάτια απομακρύνονται, πλένονται και αποθηκεύονται σε κανονικό για τους ιστούς pH.

5. Αποκλεισμός του οξυγόνου

Το οξυγόνο παίζει κυρίαρχο ρόλο στην ενζυμική αμαύρωση των φρούτων. Η μείωση των επιπέδων O_2 κοντά στο 0% φαίνεται απαραίτητο για την αναστολή της οξειδάσης της πολυφαινόλης στην ενζυμική αμαύρωση ορισμένων φρεσκοκομμένων φρούτων και λαχανικών.³³ Η απλούστερη εφαρμογή της είναι τοποθέτηση του προϊόντος σε ατμόσφαιρα αζώτου, σε κενό, σε νερό, σε έκθεση του σε οξύ ή σε διάλυμα σακχαρόζης. Στα μήλα και στα αχλάδια μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω εφαρμογής κενού όταν τα κομμάτια των φρούτων είναι βυθισμένα σε νερό ή σιρόπι. Το βασικό μειονέκτημα είναι ότι τα φρούτα και τα λαχανικά μαυρίζουν όταν εκτεθούν πάλι στον αέρα. Οι Parpinello et. al. το 2001, αξιοποίησαν το σύστημα ενζύμων οξειδάσης-καταλάσης της γλυκόζης (GOX) σε τεμαχισμένα μήλα και αχλάδια, αποδεικνύοντας την έντονη αντιοξειδωτική του δράση και κατ' επέκταση την παρεμπόδιση της ενζυμικής αμαύρωσης των φρούτων.³⁷

6. Χρήση εξειδικευμένων αναστολέων

Για παράδειγμα p-υδροξυβενζοϊκό οξύ και κατεχόλη



Εικόνα 5: Εξειδικευμένοι αναστολείς ενζύμου PPO

7. Χρήση φυσικών προϊόντων

Τα μέλια περιέχουν μια σειρά από συστατικά που είναι γνωστό ότι δρουν ως συντηρητικά και περιλαμβάνουν R-τοκοφερόλη, ασκορβικό οξύ, φλαβονοειδή και άλλα ένζυμα όπως η οξειδάση της γλυκόζης, η καταλάση και η υπεροξειδάση. Οι Chen et al., απέδειξαν πως το μέλι αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα της ενζυμικής αμαύρωσης των μήλων, γεγονός που οφείλεται στα πρωτεϊνικά συστατικά του μελιού που σχηματίζουν ενώσεις με πολυφαινολικές τανίνες και μάλιστα παίζει ρόλο και η ποικιλία του μελιού. Επίσης συμβάλει στη βελτίωση της εμφάνισης και στη διατήρηση της θρεπτικής αξίας των φρούτων και των λαχανικών.³⁶ Ακόμα διαλύματα ζάχαρης και γλυκόζης φαίνεται να εμποδίζουν τη δράση της PPO.^{34, 38}

2.3. Ζελατινοποίηση- Βρωμελαΐνη, Ακτινιδίνη

Για την αξιολόγηση της άσκησης διερεύνησης μετά το πέρας της εργαστηριακής άσκησης στο σχολείο, ανατέθηκε ένα πρόβλημα που σχετίζεται με την παρασκευή ζελέ με φρέσκο ανανά ή ακτινίδο. Η συγκεκριμένη παρασκευή είναι αδύνατη λόγω της παρουσίας των ενζύμων βρωμελαΐνη και ακτινιδίνη που εμποδίζουν την πήξη του ζελέ.

Η ζελατίνη είναι ημιδιαφανές, άχρωμο, χωρίς γεύση συστατικό τροφίμων, που προέρχεται από ζωικό κολλαγόνο. Είναι εύθρυπτο όταν είναι στεγνό και εύκαμπτο όταν είναι υγρό. Μπορεί επίσης να αναφέρεται ως υδρολυμένο κολλαγόνο, προϊόν υδρόλυσης κολλαγόνου, προϊόν υδρόλυσης

ζελατίνης, υδρολυμένη ζελατίνη και πεπτιδία κολλαγόνου που έχουν υποβληθεί σε υδρόλυση. Χρησιμοποιείται συνήθως ως παράγοντας πηκτωματοποίησης σε τρόφιμα, καθώς και σε φάρμακα, κάψουλες φαρμάκων και βιταμινών, φωτογραφικές μεμβράνες και χαρτιά και καλλυντικά. Οι ουσίες που περιέχουν ζελατίνη ή λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο καλούνται ζελατινώδεις ουσίες. Η ζελατίνη είναι μια μη αναστρέψιμη υδρολυμένη μορφή κολλαγόνου, που η υδρόλυση κομματιάζει τα ινίδια πρωτεΐνης σε μικρότερα πεπτιδία. Είναι καθαρή πρωτεΐνη, έχει πολύτιμες και σημαντικές ιδιότητες και περιέχει 18 αμινοξέα που είναι απαραίτητα για την επιβίωση μας και δεν παράγονται από το σώμα μας. Η βρώσιμη ζελατίνη είναι σπουδαία πηγή κολλαγόνου. Το κολλαγόνο συνίσταται από τρεις πρωτεϊνικές αλυσίδες. Γενικώς, με τη χρήση βραστού νερού και ζελατίνης προκαλείται το ξεδίπλωμα των πρωτεϊνικών αλυσίδων της και όταν το διάλυμα κρυώσει οι αλυσίδες του κολλαγόνου αναδιαμορφώνονται με πιο ακατάστατο τρόπο και τελικά δημιουργείται αυτό το πηχτό διάλυμα, που ονομάζεται ζελέ.

Οι πρωτεάσες όπως είναι γνωστό αποτελούν μια ομάδα ενζύμων που καταλύουν τη διάσπαση των πεπτιδικών δεσμών των πρωτεϊνών και περιέχονται σε ορισμένα φρούτα. Τέτοια χαρακτηριστικά φρούτα είναι ο φρέσκος ανανάς, η παπάγια, το ακτινίδιο και τα σύκα που περιέχουν τις πρωτεάσες βρωμελαΐνη, παπαΐνη, ακτινιδίνη και φικίνη, αντίστοιχα.

Ο ανανάς είναι ένα ευρέως καλλιεργούμενο φρούτο σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές της γης, αποτελώντας μια πλούσια πηγή πρωτεολυτικής βρωμελαΐνης. Στην πραγματικότητα υπάρχουν δύο είδη βρωμελαΐνης: η πιο μελετημένη βρωμελαΐνη στελέχους (EC 3.4.22.32), μια κυστεϊνική πρωτεϊνάση, που λαμβάνεται με κατάλληλη διαδικασία από το φρούτο και η βρωμελαΐνη φρούτων (EC 3.4.22.33) μια γλυκοπρωτεϊνική πρωτεϊνάση που υπάρχει στο χυμό ανανά, και διασπάται ενζυμικά με ευρεία εξειδίκευση υποστρώματος των εσωτερικών πολυπεπτιδικών δεσμών των πρωτεϊνών. Μάλιστα, η βρωμελαΐνη φρούτου αξιοποιείται σε πληθώρα βιομηχανικών και ιατρικών εφαρμογών, όπως στη ζυθοποιία, στην προαγωγή της απορρόφησης αντιβιοτικών φαρμάκων, στη θεραπεία οιδήματος και οστεοαρθρίτιδας.

Η μέγιστη δραστηριότητα της βρωμελαΐνης παρατηρείται σε pH=7 και θερμοκρασία 50°C.^{39, 40} Μάλιστα οι Martinsa et al., παρασκεύασαν ένα υδατικό

εκχύλισμα βρομελαΐνης με επεξεργασία του στελέχους, του φλοιού και των φύλλων του ανανά σε έναν κοινό αποχυμωτή, το οποίο υπέβαλλαν σε καθαρισμό με αιθανόλη και όσο αφορά τη πρωτεολυτική δραστηριότητα το βέλτιστο pH παρατηρήθηκε από 7 σε 8 και η βέλτιστη θερμοκρασία παρατηρήθηκε από 50°C σε 60°C. Όσο αφορά την ενζυμική σταθερότητα με την πάροδο του χρόνου φάνηκε πως για την απλή εκχύλιση το pH που παρέμεινε σταθερό ήταν το pH=10.⁴⁰

Το πιο κοινό ακτινίδιο που υπάρχει είναι το πράσινο ακτινίδιο το οποίο περιέχει κατά 60% το ένζυμο ακτινιδίνη (EC 3.4.22.14). Η ακτινιδίνη είναι μια θειολοπρωτεάση, δηλαδή πρωτεάση κυστεΐνης με μία σουλφυδρυλική ομάδα η οποία παίζει κύριο ρόλο για την ενζυμική του δραστηριότητα. Άλλοι τύποι ακτινιδίων, όπως το χρυσό ακτινίδιο, έχουν χαμηλά επίπεδα ακτινιδίνης. Οι πρωτεάσες κυστεΐνης που υπάρχουν σε πολλά είδη φυτών έχουν τον κύριο ρόλο τους στις κυτταρικές λειτουργίες των φυτών με την απομάκρυνση μη φυσιολογικών ή κατεστραμμένων πρωτεϊνών, τον έλεγχο πολλών σημαντικών ενζύμων και ρυθμιστικών πρωτεϊνών, που βοηθούν στην ωρίμανση του ακτινιδίου, καθώς επίσης λειτουργεί ως μηχανισμός της άμυνας κατά των παθογόνων μικροοργανισμών. Σύμφωνα με την αλληλουχία των βάσεων του DNA και τη βάση δεδομένων πρωτεϊνών, η πρωτεάση κυστεΐνης στα ακτινίδια σχετίζεται στενά με τις πρωτεάσες κυστεΐνης που υπάρχει σε άλλα φυτά, όπως η παπαΐνη στην παπάγια, φικίνη στο σύκο και βρωμελαΐνη στον ανανά. Πολλές μελέτες έδειξαν ότι τα πρωτεολυτικά ένζυμα, όπως η ακτινιδίνη, μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην πεπτική διαδικασία αφού έχουν την ικανότητα διάσπασης των πρωτεϊνών σε απλούστερες μονάδες τους (αμινοξέα) με υδρόλυση των πεπτιδικών δεσμών.⁴¹

Η ακτινιδίνη, εξαιτίας της ευρείας πρωτεολυτικής της δράσης, διαθέτει πολλά βιομηχανικά και ερευνητικά ενδιαφέροντα. Μεταξύ των ευρειών βιομηχανικών εφαρμογών του, η ακτινιδίνη είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη βιομηχανία τροφίμων, στη βιομηχανία ζυθοποιίας για διαύγαση χυμού και μπύρας, στη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων για τυριά, στη βιομηχανία τροφοδοσίας και στην εξαγωγή γευστικών και χρωματικών ενώσεων από φυτά. Για όλα τα παραπάνω οφείλεται η έντονη καταλυτική της δραστηριότητας. Το ένζυμο παρουσιάζει βέλτιστη δραστηριότητα σε pH=7 και θερμοκρασία 40°C. Η

μη αναστρέψιμη θερμική απενεργοποίηση της ελεύθερης ακτινιδίνης
προσδιορίστηκε στους 70°C.^{41, 42}

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

3.1. Γενικά

Τα **ερευνητικά ερωτήματα** που καθοδηγούν την εργασία μας είναι:

1. Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η διαδικασία της καθοδηγούμενης διερεύνησης σε εργαστηριακές ασκήσεις στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση;
2. Πώς αντιμετωπίζουν οι μαθητές την εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων τύπου διερεύνησης;

Η **Μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε είναι η ανάπτυξη εργαστηριακών ασκήσεων που βασίζονται στη διερεύνηση, για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, φύλλων εργασίας, δραστηριότητας επίλυσης προβλήματος, και φύλλων αξιολόγησης ανοιχτού τύπου, σύμφωνα με τα όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω. Οι εργαστηριακές δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν με απλά καθημερινά υλικά, έτσι ώστε να διεκπεραιωθούν με ασφάλεια από τους μαθητές ακόμα και χωρίς επίβλεψη και σχετίζονται με τη θεματική ενότητα των ενζύμων και της δράσης τους.

Για την ανάπτυξη της πειραματικής διαδικασίας της καθοδηγούμενης διερεύνησης ακολουθήθηκε το μοντέλο *SLID (Science Laboratory Instructional Design)*.⁴³ Σύμφωνα με αυτό πρέπει να ακολουθηθούν κάποιες φάσεις προκειμένου να αναπτυχθεί μία τέτοιου είδους διαδικασία.

1. Έναρξη

Η έναρξη, αποτελεί μία φάση κατά την οποία λαμβάνονται οι βασικές αποφάσεις για την ανάπτυξη της άσκησης και του τύπου της διερεύνησης που θα ακολουθηθεί. Η επιλογή της στρατηγικής εξαρτάται από το πλαίσιο της τάξης και τις απαιτήσεις του περιεχομένου της άσκησης.^{23,43} Προκειμένου να αναπτυχθεί μια διαδικασία διερεύνησης σε μία μαθητοκεντρική προσέγγιση είναι σημαντικό να ληφθεί υπ' όψιν η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών καθώς και της εμπειρίας τους πάνω σε μία δραστηριότητα. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που πρέπει να μελετηθεί είναι το γνωστικό επίπεδο των μαθητών.¹

Έτσι, αρχικά ελέγχθηκε αν οι μαθητές του γυμνασίου έχουν διδαχθεί την ενότητα των ενζύμων ή στοιχεία χημικής κινητικής. Επιπλέον, ελέγχθηκαν οι γνώσεις τους για το pH και τη χρήση των γραφικών παραστάσεων. Ακόμη, συζητήθηκε με την υπεύθυνη καθηγήτρια του σχολείου κατά πόσο οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με ασκήσεις διερεύνησης.

Η δοκιμή της εργαστηριακής άσκησης έγινε δια ζώσης σε τμήματα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα σε μαθητές της Β και Γ Γυμνασίου του 2^{ου} Πρότυπου Γυμνασίου Αθηνών. Επιλέχθηκαν τάξεις Γυμνασίου καθώς δεν έχουν διδαχθεί την ενότητα των ενζύμων. Όπως αναφέρθηκε και πριν αυτή η προϋπόθεση αυξάνει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

2. Σχεδιασμός

Στη φάση αυτή, εξετάζεται ο σχηματισμός ομάδων μαθητών, οι προφυλάξεις ασφαλείας, η αξιολόγηση των αναγκών, η ανάπτυξη οργάνων αξιολόγησης και ο σχεδιασμός και η παραγωγή υλικού.^{23, 43}

Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε μια εργαστηριακή δραστηριότητα βασισμένη στην καθοδηγούμενη διερεύνηση. Η διαδικασία της καθοδηγούμενης διερεύνησης πραγματοποιήθηκε μέσω μιας πειραματικής διαδικασίας κατά την οποία μελετώνται παράγοντες που πιθανόν να αποτρέπουν το χαρακτηριστικό μαύρισμα των φρούτων, δηλαδή πιθανούς αναστολείς του ενζύμου οξειδάση της κατεχόλης, που προκαλεί την ενζυμική αμαύρωση των μήλων. Το συγκεκριμένο φρούτο επιλέχθηκε λόγω της μεγάλης δημοτικότητάς του ως τροφή καθώς και για το γρήγορο μαύρισμα των φρεσκοκομμένων φετών του μετά το κόψιμο.³³

Τα ένζυμα αποτελούν μία πολύπλοκη ενότητα. Οι μαθητές συχνά συναντούν στοιχεία στην καθημερινή ζωή που απεικονίζουν τη δράση των ενζύμων και έτσι τα πειράματα με βάση τα ένζυμα εισάγουν την έννοια αυτών σε απλούστερο, πρακτικό επίπεδο εστιάζοντας στο γεγονός ότι οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τη χημεία σε καθημερινή βάση. Η ταυτόχρονη εκτέλεση του πειράματος με ολόκληρη την τάξη διευκολύνει τους μαθητές να μελετήσουν διαφορετικούς πιθανούς παράγοντες αναστολής του ενζύμου. Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα οι μαθητές μελετούν τρεις παράγοντες:

- Θερμοκρασία
- Επίδραση οξέος
- Επίδραση αλκοολούχου ποτού

και παρατηρούν αν και πως αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την εμφάνιση του κομμένου μήλου. Επιπλέον, εφαρμόζεται η ομαδοσυνεργατική μέθοδος, οπότε σχεδιάστηκε ένα φύλλο εργασίας ανά ομάδα. Δεδομένου του αριθμού των σχολικών τάξεων (περίπου 24-26 μαθητές) σχεδιάστηκε η δημιουργία 6 ομάδων οι οποίες ανά δύο εξετάζουν τους 3 προαναφερθέντες παράγοντες ως προς την επίδρασή τους στο μαύρισμα του μήλου.

Η συγκεκριμένη άσκηση διερεύνησης είναι απλή και φθηνή, βασίζεται σε υπάρχουσες διαδικασίες και εύκολα προσβάσιμα υλικά καθημερινής ζωής. Οι εκπαιδευτικοί και οι ερευνητές υποστηρίζουν γενικώς πως αυτή η προσέγγιση ενισχύει σημαντικά την παιδαγωγική αξία των εργαστηριακών ασκήσεων επειδή αφ' ενός επιτρέπει μεγαλύτερη ανακάλυψη πέρα από αυτή που αποδίδεται στην απλή εκτέλεση πειραμάτων βάσει ενός εγχειριδίου («cookbooks»), των παραδοσιακών εργαστηρίων και αφ' ετέρου διευκολύνει τη μεγαλύτερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών και των εκπαιδευτών τους, ενισχύοντας έτσι την εμπειρία των μαθητών.^{7, 24}

Τα ένζυμα επιταχύνουν χημικές αντιδράσεις και επομένως επηρεάζουν την ταχύτητα της αντίδρασης. Η αντίδραση που επιλέχθηκε, φυσικά, χρειάζεται να είναι σημαντική και οικεία στους μαθητές, δίνοντας τους το κίνητρο να τη μελετήσουν, λόγω προσωπικού ενδιαφέροντος. Οι μαθητές πρέπει να παραμείνουν εστιασμένοι στην πραγματοποίηση ή μη της αντίδρασης σε αξιοσημείωτο ποσοστό (ή ίσως καθόλου) υπό συνθήκες (i) υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασίας, (ii) παρουσία οξέος και (iii) παρουσία αλκοολούχου ποτού.

Η συζήτηση για το πώς ή γιατί κάθε μεταβλητή επηρεάζει τον ρυθμό αντίδρασης αφήνεται στον εκπαιδευτικό και σχετίζεται με τη διδακτική ύλη της τάξης στην οποία πραγματοποιείται. Εάν η δραστηριότητα εκτελείται νωρίς κατά τη σχολική χρονιά, θα μπορούσε να επανεξεταστεί αργότερα, όταν η ύλη το επιτρέπει (π.χ. ταχύτητα αντίδρασης, ένζυμα). Καθώς όλα τα υλικά είναι

ακίνδυνα είδη οικιακής χρήσης, η δραστηριότητα μπορεί να γίνει με ασφάλεια ακόμα και στο σπίτι.⁴⁴

3. Εκτέλεση-καθοδήγηση-αξιολόγηση

Στη φάση αυτή, που φέρνει κοντά τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές, πραγματοποιείται πρακτική εργασία στο εργαστήριο με τον δάσκαλο να παρέχει την απαιτούμενη καθοδήγηση και ανατροφοδότηση.^{23, 43} Για το λόγο αυτό έχουν ληφθεί υπ' όψιν τα βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για το στήσιμό της.

3.1. Δημιουργία Ερωτήσεων

Στην καθοδηγούμενη διερεύνηση, ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το σενάριο προς διερεύνηση (στο συγκεκριμένο πείραμα η αλλαγή στην εμφάνιση του μήλο μετά το κόψιμο). Το επόμενο βήμα στη διαδικασία έρευνας είναι η δημιουργία ερωτήματος για την έναρξη της έρευνας. Πριν ξεκινήσουν οι μαθητές το πείραμα καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις σχετικά με την αλλαγή στην εμφάνιση του μήλου και καλούνται επίσης να ονομάσουν το φαινόμενο. Ο μαθητής πρέπει να κατανοήσει τις έννοιες που απαιτούνται για αυτό το κύριο ερώτημα. Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός προτείνει τις έννοιες που πρέπει να μάθουν αλλά δεν εξηγεί τις έννοιες ούτε υποδεικνύει τις απαντήσεις.

3.2. Κατασκευή Υπόθεσης

Στην καθοδηγούμενη διερεύνηση, οι μαθητές γράφουν για τα αναμενόμενα αποτελέσματα με βάση την έννοια που δίνεται πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας. Έτσι, οι μαθητές καλούνται να προτείνουν τρόπους που πιστεύουν ότι μπορούν να καθυστερήσουν ή να αποτρέψουν το φαινόμενο της αμαύρωσης. Στη συνέχεια μπορούν να επαληθεύσουν, να τροποποιήσουν ή να απορρίψουν την υπόθεσή τους μετά τη διεξαγωγή του πειράματος.

3.3. Σχεδιασμός της Μεθοδολογίας

Ο εκπαιδευτικός παρέχει τη λίστα των υλικών και οι μαθητές σχεδιάζουν τη μεθοδολογία για να πραγματοποιήσουν το πείραμα με βάση τα αναγραφόμενα υλικά, που δίνονται στην λίστα υλικών. Εάν οι μαθητές αντιμετωπίσουν οποιαδήποτε δυσκολία κατά τη διαδικασία σχεδιασμού, ο εκπαιδευτικός μπορεί να τους βοηθήσει. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι αν και το

συγκεκριμένο πείραμα προσφέρεται για καθοδηγούμενη διερεύνηση με τη μεθοδολογία να σχεδιάζεται από τους ίδιους τους μαθητές (δηλ. δικό τους σχεδιασμό στην επιλογή π.χ. της θερμοκρασίας ή της αναλογίας ξυδιού/νερού ή αλκοολούχου ποτού/νερού λόγω συγκεκριμένων περιορισμών (διαθέσιμος χρόνος 1 σχολική ώρα και έλλειψη εμπειρίας των μαθητών στη διερεύνηση) αποφασίστηκε η μεθοδολογία να είναι προκαθορισμένη όπως γίνεται στην δομημένη διερεύνηση.

3.4. Υλικά και Διεξαγωγή της Έρευνας

Ο εκπαιδευτικός παρέχει τα υλικά και οι μαθητές διεξάγουν το πείραμα, προσπαθώντας να ερευνήσουν τα ερωτήματά τους.

3.5. Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Οι μαθητές καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους σε πίνακα και σε γραφική παράσταση των δεδομένων. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να τους καθοδηγήσει εάν υπάρχουν λάθη.

3.6. Εξαγωγή συμπερασμάτων

Με βάση την ανάλυση και τα δεδομένα που καταγράφηκαν, οι μαθητές μπορούν να αναγνωρίσουν αν η υπόθεσή τους επιβεβαιώνεται και να βγάλουν τα συμπεράσματά τους.¹³

4. Αξιολόγηση

Σε αυτή τη φάση πραγματοποιείται αξιολόγηση της όλης διαδικασίας, ώστε να εξαχθούν τα απαραίτητα συμπεράσματα.^{23, 43}

Για την αξιολόγηση της άσκησης διερεύνησης μετά το πέρας της εργαστηριακής άσκησης στο σχολείο, ανατέθηκε ένα πρόβλημα για τη λύση του οποίου οι μαθητές εργάστηκαν ομαδικά στα σπίτια τους με ανακατανομή των μελών στις αρχικές ομάδες. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε ένα πρόβλημα το οποίο για να λυθεί απαιτεί απενεργοποίηση ενός άλλου ενζύμου. Έτσι, αναμένεται οι μαθητές να δοκιμάσουν συστηματικά όλους τους παράγοντες που δοκιμάστηκαν στην τάξη και ιδανικά να σκεφτούν και άλλες πιθανές λύσεις. Επιπλέον, το ένζυμο που επιλέχθηκε δεν αδρανοποιείται σε όξινα διαλύματα καθώς έχει βέλτιστη δράση σε ουδέτερο pH και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προβληματισμό των μαθητών ως προς το φαινόμενο της αναστολής των

ενζύμων και τους παράγοντες που μελετήθηκαν. Τέλος, οι μαθητές παρουσίασαν τα αποτελέσματά τους και αξιολογήθηκαν με τρεις τρόπους: μέσω των απαντήσεών τους στα φύλλα εργασίας, μέσω των παρουσιάσεων και επιπλέον με φύλλο αξιολόγησης ως προς το συναισθηματικό τομέα. Το φύλλο αξιολόγησης είναι ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, στο πλαίσιο του συναισθηματικού τομέα, απέναντι στη διεξαγωγή των ασκήσεων και των πρακτικών που χρησιμοποιήθηκαν και στο τέλος υπάρχει και μία ερώτηση, που οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν τον τρόπο (ή τους τρόπους) που εργάστηκαν στη διαδικασία επίλυσης προβλήματος (ζελατινοποίηση), από δοσμένες επιλογές.

5. Ανατροφοδότηση

Στη φάση αυτή ο εκπαιδευτικός εξετάζει μέσω των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης, την επιτυχία, τα κωλύματα και τα συμπεράσματα που εξάγονται από όλη τη διαδικασία.^{23, 43}

3.2. Σχεδιασμός φύλλων εργασίας

Μέσα από το φύλλο εργασίας δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να εξηγήσει στους μαθητές την αξία του ως «τετράδιο εργαστηρίου» και να συζητήσει πώς αυτά τα σημειωματάρια χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο για την καταγραφή όλων των δοκιμών και μελετών που πραγματοποιούν εκεί, ώστε να υπάρχει ένα αρχείο πειραμάτων και ροής σκέψης.⁴⁵

Έτσι, ο σχεδιασμός των φύλλων εργασίας της συγκεκριμένης εργαστηριακής δραστηριότητας, έγινε σύμφωνα με τα παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα:

1. Η Δραστηριότητα Α: Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις, περιλαμβάνει τις παρακάτω ερωτήσεις,

1^η ερώτηση: Τι παρατηρείτε στην εμφάνιση του μήλου συγκρίνοντας τις δύο εικόνες (στο φύλλο εργασίας περιέχονται εικόνες κομμένου μήλου σε διαφορετικές χρονικές στιγμές);

2^η ερώτηση: Πού νομίζετε ότι οφείλεται το φαινόμενο που παρατηρείτε;

3^η ερώτηση: Πώς θα ονομάζατε το φαινόμενο;

4^η ερώτηση: Με ποιον τρόπο νομίζετε ότι θα μπορούσατε να καθυστερήσετε ή και να εμποδίσετε την εμφάνιση αυτού του φαινομένου;

Οι παραπάνω ερωτήσεις της δραστηριότητας δημιουργήθηκαν με σκοπό την επίτευξη του πρώτου σταδίου (3.1) της καθοδηγούμενης διερεύνησης δηλαδή τη δημιουργία ερωτήσεων, που ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το σενάριο προς διερεύνηση και ο μαθητής πρέπει να κατανοήσει τις έννοιες που απαιτούνται για αυτό το κύριο ερώτημα. Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός προτείνει τις έννοιες που πρέπει να μάθουν αλλά δεν εξηγεί τις έννοιες ούτε υποδεικνύει τις απαντήσεις. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές θα καταλάβουν για ποιο φαινόμενο μιλάμε, θα προσπαθήσουν να το ονομάσουν, να διατυπώσουν υποθέσεις για την αιτία τους και να προτείνουν τρόπους καθυστέρησης ή εμπόδισής του. Παράλληλα γίνεται και μια κατασκευή υπόθεσης, που αποτελεί το δεύτερο στάδιο (3.2) της καθοδηγούμενης διερεύνησης, καθώς οι μαθητές γράφουν για τα αναμενόμενα αποτελέσματα με βάση την έννοια που δίνεται πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας, γεγονός που μπορούν να επαληθεύσουν μετά τη διεξαγωγή του πειράματος.

2. Δραστηριότητα Β: Πείραμα, που περιγράφονται τα υλικά και η διαδικασία του πειράματος.

Η δραστηριότητα αυτή δημιουργήθηκε, για να επιτευχθεί το τρίτο στάδιο της καθοδηγούμενης διερεύνησης (3.3) που είναι ο σχεδιασμός της μεθοδολογίας. Έτσι, παρέχεται η λίστα των υλικών και οι μαθητές σχεδιάζουν τη μεθοδολογία για να πραγματοποιήσουν το πείραμα με βάση τα αναγραφόμενα υλικά, που δίνονται στην λίστα υλικών. Εάν οι μαθητές αντιμετωπίσουν οποιαδήποτε δυσκολία κατά τη διαδικασία σχεδιασμού, ο εκπαιδευτικός μπορεί να τους βοηθήσει. Παράλληλα επιτυγχάνεται και το τέταρτο στάδιο (3.4), όπου ο εκπαιδευτικός παρέχει τα υλικά και οι μαθητές διεξάγουν το πείραμα, προσπαθώντας να ερευνήσουν το ερώτημά τους.

3. Δραστηριότητα Β: Πίνακας Καταγραφής δεδομένων

Στη Δραστηριότητα Β, υπάρχει και ο πίνακας καταγραφής δεδομένων, με τον οποίο επιτυγχάνεται το πέμπτο στάδιο της καθοδηγούμενης διερεύνησης (3.5), δηλαδή της συλλογής δεδομένων σε ένα πίνακα, που ο εκπαιδευτικός μπορεί να τους καθοδηγήσει εάν υπάρχουν λάθη.

4. Δραστηριότητα Γ: Αποτυπώστε τα δεδομένα του πίνακα με τη μορφή διαγράμματος.

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα δημιουργήθηκε για να ολοκληρωθεί το πέμπτο στάδιο της καθοδηγούμενης διερεύνησης (3.5), δηλαδή οι μαθητές να αποτυπώσουν τις παρατηρήσεις τους σε γραφική παράσταση των δεδομένων.

Παράγραφος για ένζυμα

Ακολουθεί μία παράγραφος η οποία δίνει στους μαθητές κάποιες βασικές πληροφορίες για τα ένζυμα και πώς συσχετίζονται με το φαινόμενο της αμαύρωσης που μελετάμε και στη συνέχεια μία ερώτηση η οποία πρέπει να απαντηθεί από τους μαθητές βασιζόμενοι στα δικά τους πειραματικά δεδομένα.

Ως ένζυμα ορίζουμε ειδικές πρωτεΐνες οι οποίες καταλύουν χημικές αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς. Η αλλαγή στην εμφάνιση των μήλων οφείλεται στη δράση ενζύμων τα οποία χρησιμοποιούν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και μετατρέπουν χημικές ουσίες των φρούτων σε έγχρωμες ενώσεις. Η δράση των ενζύμων εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες. Εάν το ένζυμο αδρανοποιηθεί (δηλ. χάσει τη λειτουργικότητά του), το φρούτο δε θα αποκτήσει αυτό το χαρακτηριστικό «μαύρισμα».

5^η ερώτηση: Τι συμπεραίνετε για την επίδραση της θερμοκρασίας/του ξυδιού/του αλκοολούχου ποτού στο φαινόμενο που μελετάμε; Αναπτύξτε τα συμπεράσματά σας στηριζόμενοι στα πειραματικά σας δεδομένα και στις πληροφορίες της προηγούμενης παραγράφου.

Αυτό αποτελεί και το τελευταίο κομμάτι του φύλλου εργασίας που ολοκληρώνεται στην τάξη προκειμένου να επιτευχθεί το τελευταίο στάδιο της καθοδηγούμενης διερεύνησης (3.6), δηλαδή, η εξαγωγή συμπερασμάτων, που με βάση την ανάλυση και τα δεδομένα που καταγράφηκαν, οι μαθητές μπορούν να αναγνωρίσουν αν η υπόθεσή τους επιβεβαιώνεται και να βγάλουν τα συμπεράσματά τους.

5. Δραστηριότητα Δ: Επίλυση προβλήματος

Τέλος οι μαθητές, με βάση τα πειραματικά δεδομένα τα οποία θα ανέβουν και στην η-τάξη, αλλά και τα συμπεράσματά που εξήγαγαν κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, ορίζονται ως βοηθοί μάγιστρα και καλούνται να επιλύσουν ένα πρόβλημα που αφορά την πραγματοποίηση ενός ζελέ (ζελατινοποίηση), με τη χρήση φρέσκου ανανά και ακτινιδίου. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν στο σπίτι τους, δουλεύοντας

ομαδικά, ένα πρόβλημα καθημερινής ζωής και να παρουσιάσουν στην τάξη τα αποτελέσματά τους. Η δραστηριότητα αυτή του φύλλου εργασίας έχει ως στόχο να διερευνηθεί πώς μπορούν να εργαστούν ομαδικά αλλά χωρίς την παρουσία του καθηγητή οι μαθητές σχετικά με ένα ακόμα πρόβλημα καθημερινής ζωής που σχετίζεται με τα ένζυμα. Τέλος, καλούνται να παρουσιάσουν στην τάξη τους πειραματισμούς τους.

Μια τέτοια δραστηριότητα αντικατοπτρίζει ένα πιθανό σενάριο επίλυσης πραγματικού προβλήματος. Ακόμη βοηθά στην ανάπτυξη της ανεξάρτητης πρακτικής μάθησης μέσω της απόκτησης και ενίσχυσης των ερευνητικών δεξιοτήτων και των ικανοτήτων κριτικής σκέψης. Επιπλέον, τέτοια πειράματα μέσω μιας τέτοιας ενεργητικής και βασισμένης σε προβλήματα προσέγγισης και διερεύνησης, είναι πιθανό να βοηθήσουν τους μαθητές στη βαθύτερη κατανόηση του γνωστικού αντικειμένου καθώς και στην αρμονική συνεργασία με τους συμμαθητές τους.^{24, 31}

Στις συσκευασίες παρασκευής ζελέ υπάρχει η προειδοποίηση: «Μη χρησιμοποιείτε φρέσκο ή κατεψυγμένο ανανά και ακτινίδιο». Ο λόγος είναι πως η παρασκευή ενός ζελέ προϋποθέτει την συγκόλληση πρωτεϊνών έτσι ώστε να διατηρήσει τη δομή του και τέτοιου είδους φρούτα, λόγω του ότι οι πρωτεάσες μπορούν να διασπάσουν τις πρωτεΐνες που αποτελούν τη δομή της ζελατίνης, το διατηρούν ως ένα υδαρές υγρό, μια διαλυμένη ζελατίνη, ακόμα και όταν τοποθετηθεί στο ψυγείο. Αντίθετα τα κονσερβοποιημένα φρούτα δεν αποτελούν κώλυμα της παρασκευής ζελέ, καθώς κατά τη διαδικασία της κονσερβοποίησης τα ένζυμα θερμαίνονται και μετουσιώνονται, χάνοντας την ικανότητά τους να διασπάσουν τις πρωτεΐνες και έτσι δε διαλύεται η δομή της ζελατίνης. Ο βρασμός του ανανά έχει το ίδιο αποτέλεσμα με την κονσερβοποίηση, δηλαδή μετουσιώνει το ένζυμο. Αντίθετα, η κατάψυξη του φρέσκου ανανά δεν μετουσιώνει το ένζυμο και επομένως δεν αλλάζει την επίδρασή του στη ζελατίνη.

Η δραστηριότητα που επιλέχτηκε να δοθεί στους μαθητές έχει ως στόχο τη διαπίστωση πως η χημεία αποτελεί βασικό στοιχείο της καθημερινότητας και η επίλυση προβλημάτων αποτελεί αποτέλεσμα πειραματισμού και σκέψης. Μέσω της καθοδηγούμενης διερεύνησης και της πειραματικής διαδικασίας που έχουν εμπλακεί στο χώρο του σχολείου,

αναμένεται να εφαρμόσουν τη διαδικασία την οποία θα επέλεγε ένας επιστήμονας σε περίπτωση που συναντούσε ένα παρόμοιο πρόβλημα, να συνδυάσουν τα ερεθίσματα που έλαβαν και να οδηγηθούν στην επίλυση του. Τέτοιου είδους πειράματα διερεύνησης βοηθούν στην ανάπτυξη ανεξάρτητης πρακτικής μάθησης μέσω της απόκτησης και ενίσχυσης ερευνητικών δεξιοτήτων και δεξιοτήτων κριτικής σκέψης. Επιπλέον, είναι πιθανό οι μαθητές να μπορούν να επωφεληθούν από μια βαθύτερη κατανόηση του αντικειμένου, μέσω της εμπλοκής τους σε μια τέτοια ενεργή και βασισμένη σε προβλήματα προσέγγιση. Θεωρούμε πολύ σημαντικό να διαπιστώσουν ότι η υψηλή θερμοκρασία είναι ο παράγοντας που μπορεί να αναστείλει και το φαινόμενο της αμαύρωσης και της παρεμπόδισης της ζελατινοποίησης. Οι μαθητές της Β' και Γ' Γυμνασίου δεν έχουν διδαχθεί παρά μόνο επιφανειακά την έννοια του pH. Αυτό που μπορούν όμως να παρατηρήσουν είναι ότι η αμαύρωση εμποδίζεται σε όξινο περιβάλλον ενώ η δράση της βρωμελαΐνης και ακτινιδίνης όχι. Ούτε η χρήση αλκοολούχου ποτού αναστέλλει τη δράση του ενζύμου. Μέσω αυτών των διαφορών αναδεικνύεται η αξία του πειραματισμού και της παρατήρησης. Τα πειράματα που θα κάνουν οι μαθητές για την επίλυση του προβλήματος θα διεξαχθούν στην κουζίνα του σπιτιού τους και μετά την ολοκλήρωση οι μαθητές μπορούν να καταναλώσουν το ζελέ. Όμως αν το πείραμα διεξαχθεί στο πλαίσιο ενός εργαστηριακού χώρου δεν πρέπει να δοκιμάσουν ή να φάνε το ζελέ που παρασκεύασαν.^{30, 31}

Ο στόχος είναι η επαγρύπνηση των μαθητών, ότι το σημαντικό είναι η εκμάθηση της διαδικασίας του πειραματικού σχεδιασμού και της πειραματικής διαδικασίας και όχι μόνο η λήψη «σωστής» απάντησης. Βιβλιογραφικά αποδεικνύεται ότι μπορεί τα δεδομένα των μαθητών μην είναι πάντα αρκετά υψηλής ποιότητας για να καθορίσουν τη λειτουργία της αναστολής, όμως είναι σε θέση να προβληματιστούν αν και γιατί ο πειραματικός σχεδιασμός τους ήταν ανεπαρκής καθώς και τις αλλαγές που θα μπορούσαν να κάνουν για να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα.

Βιβλιογραφικά φαίνεται πως οι περισσότεροι μαθητές αποφασίζουν να δοκιμάσουν κάθε πιθανό συνδυασμό λύσεων για να μελετήσουν το φαινόμενο που τους ανατίθεται. Είναι εξαιρετικά επωφελές για τους μαθητές να αναπτύξουν ένα συγκεκριμένο μοντέλο πριν κάνουν το πείραμα. Αυτό παρέχει

μια μεγάλη ευκαιρία στον εκπαιδευτικό να συζητήσει με τους μαθητές την αξία των επιστημονικών μοντέλων καθώς και την ανάγκη πραγματοποίησης πειραμάτων για την εξακρίβωση της λειτουργίας ή μη ενός προτεινόμενου μοντέλου όπως γίνεται πάντα στην επιστημονική πρακτική.⁴⁵

Τα πειράματα αυτά σχετίζονται με το περιεχόμενο γενικής χημείας, οργανικής χημείας, βιοχημείας και βιολογίας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτών των πειραμάτων, είναι η ελκυστικότητά τους, και η ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών. Συγκεκριμένα, είναι πιθανό οι μαθητές να βιώσουν μια ερευνητική «αποτυχία», ωστόσο όλοι θα είναι σε θέση να επιτύχουν όλα τα επιθυμητά πειραματικά αποτελέσματα.

Οι περισσότερες δημοσιευμένες περιγραφές εργαστηριακών πειραμάτων που βασίζονται στην διερεύνηση σχεδιάζονται και εφαρμόζονται σε εργαστηριακά περιβάλλοντα, όπου όλοι οι μαθητές σε κάθε εργαστηριακή ενότητα ολοκληρώνουν το πείραμα ταυτόχρονα. Αυτό επιτρέπει την κατανομή των πειραματικών συνθηκών και ευκαιριών για συζήτηση παρουσία ολόκληρης της τάξης, ώστε να διερευνηθούν πληρέστερα θέματα που σχετίζονται με σχεδιασμό και ανάλυση πειράματος.²⁶

Οι αυστηροί χρονικοί περιορισμοί (2 διδακτικές ώρες για όλη τη δραστηριότητα) οδήγησαν στο να επιλεγεί η χρήση της η-τάξης για το διαμοιρασμό των αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων όλων των ομάδων του εκάστοτε σχολικού τμήματος.

3.3. Σχεδιασμός φύλλου αξιολόγησης

Το φύλλο αξιολόγησης συντάχθηκε με γνώμονα την αξιολόγηση του συναισθηματικού τομέα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία στο πλαίσιο της καθοδηγούμενης διερεύνησης, η αξιολόγηση μέσω τέτοιου τύπου ερωτηματολογίου αξιολογεί τις αντιλήψεις των μαθητών για τις μαθησιακές διαδικασίες και προάγει το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών που βασίζονται στη μάθηση μέσω της έρευνας και του πειραματισμού στο πλαίσιο της καθοδηγούμενης διερεύνησης.⁴⁶

Η αξιολόγηση των μαθητών πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου με πέντε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, στο πλαίσιο του συναισθηματικού τομέα, απέναντι στη διεξαγωγή των ασκήσεων και των

πρακτικών που χρησιμοποιήθηκαν και μία ερώτηση πολλαπλών επιλογών σχετική με τον τρόπο που εργάστηκαν για την επίλυση του προβλήματος ζελατινοποίησης. Το ερωτηματολόγιο αντιμετωπίζει όλη τη διαδικασία ως ενιαία δραστηριότητα και δε διαχωρίζει την κάθε δραστηριότητα ως προς την αξιολόγησή της.⁴⁶ Οι ερωτήσεις που περιλαμβάνονται είναι:

1. «Αυτό που μου άρεσε περισσότερο ...»
2. «Αυτό που δε μου άρεσε ...»
3. «Αυτό που βρήκα πιο δύσκολο...»
4. «Αυτό που έκανε τη διαδικασία της μάθησης πιο αποτελεσματική...»
5. «Η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησα...»
6. «Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος:
 - α. Χρησιμοποίησα πληροφορίες από το διαδίκτυο όσον αφορά στο **συγκεκριμένο** πρόβλημα.
 - β. Αξιοποίησα τα αποτελέσματα όλων των ομάδων σχετικά με τη δραστηριότητα με το μήλο που έγινε στην τάξη.
 - γ. Συμβουλευτήκα τα μέλη της οικογένειάς μου.
 - δ. Συζήτησα με τα μέλη της ομάδας μου πριν αρχίσω τα πειράματα.
 - ε. Διάβασα για τα ένζυμα στο διαδίκτυο.
 - στ. Συμβουλευτήκα το σχολικό μου βιβλίο για τα ένζυμα
 - ζ. Σκέφτηκα κάποια παραδείγματα που έχω από την καθημερινότητά μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

4.1. Α΄ φάση πιλοτικής δοκιμής

Στο πρώτο τμήμα (τάξης Β) που πραγματοποιήθηκε η δοκιμή, οι μαθητές δεν πρόλαβαν να ολοκληρώσουν το φύλλο εργασίας. Το σημαντικότερο πρόβλημα ήταν ο χρόνος, καθώς τα διαλύματα που απαιτούνταν για την πραγματοποίηση του πειράματος δεν ήταν έτοιμα και επιπλέον καθυστέρησε η αλλαγή της διάταξης των θρανίων προκειμένου οι μαθητές να δουλέψουν σε ομάδες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι περισσότερες ομάδες να κάνουν το διάγραμμα με τις παρατηρήσεις που είχαν στα πρώτα 10-15 λεπτά και επιπλέον να μην γράψουν τα συμπεράσματά τους. Επιπλέον, το ένζυμο κατεχόλη που προκαλεί την αμαύρωση του μήλου, έχει μέγιστη δραστηριότητα σε θερμοκρασία 60-70 °C και αδρανοποιείται σε συνθήκες βρασμού (100°C). Όμως οι δύο αυτές θερμοκρασίες δεν επιτεύχθηκαν για δύο λόγους:

- Δε χρησιμοποιήθηκε γκαζάκι ή ηλεκτρικό μάτι για τον βρασμό και το νερό που απαιτούνταν θερμάνθηκε σε βραστήρα με αποτέλεσμα να μη διατηρηθούν οι συνθήκες βρασμού ούτε για 2 λεπτά μέσα στο ποτήρι.
- Η θερμοκρασία 60-70 °C, δεν κράτησε για πολύ ώρα γιατί ήταν πολύ κρύα μέρα και έπεφτε πολύ γρήγορη η θερμοκρασία.

Στο δεύτερο τμήμα (τάξη Β), που πραγματοποιήθηκε η δοκιμή την ίδια μέρα, υπήρχε πάλι το ίδιο πρόβλημα με τη θερμοκρασία. Όμως τα διαλύματα ήταν έτοιμα με αποτέλεσμα τουλάχιστον οι 4 από τις 6 ομάδες να ολοκληρώσουν το φύλλο εργασίας.

Η παρατήρηση ότι στους 100°C το ένζυμο αδρανοποιείται και το μήλο δε μαυρίζει είναι εξαιρετικά σημαντική καθώς στη δραστηριότητα Δ, που τους ζητείται να επιλύσουν το πρόβλημα της καθημερινής ζωής στο σπίτι, ο βρασμός των φρούτων, είτε του ανανά είτε του ακτινιδίου, είναι αυτός ο οποίος θα τους επιτρέψει να φτιάξουν το ζελέ. Επομένως, αν δεν έχουν παρατηρήσει ότι σε συνθήκες βρασμού αναστέλλεται η λειτουργία του ενζύμου, δε θα μπορέσουν να επιλύσουν το πρόβλημα της δραστηριότητας Δ.

Ακόμα, στη δραστηριότητα Δ γίνεται ανακατανομή των ομάδων προκειμένου οι νέες ομάδες που θα προσπαθήσουν να φτιάξουν το ζελέ να περιέχουν μαθητές από όλες τις ομάδες μελέτης των παραγόντων της θερμοκρασίας, της οξύτητας και του αλκοολούχου ποτού. Επομένως, θα πρέπει όλες οι ομάδες να έχουν ολοκληρώσει το φύλλο εργασίας στο σχολείο έτσι ώστε να έχουν βγάλει τα συμπεράσματά τους και να τα αξιοποιήσουν προκειμένου να πετύχουν το στόχο τους στη διαδικασία επίλυσης προβλήματος.

Τα συμπεράσματα που βγάλαμε από την Α' φάση της πιλοτικής δοκιμής της άσκησης ανά δραστηριότητα είναι τα ακόλουθα:

1. Για τη δραστηριότητα Α

1^η ερώτηση: *Τι παρατηρείτε στην εμφάνιση του μήλου συγκρίνοντας τις δύο εικόνες;*

Όλες οι ομάδες μαθητών του πρώτου τμήματος της Α' φάσης παρατήρησαν τη διαφορά στο χρώμα και μάλιστα αρκετοί το συσχέτισαν με βάση την ώρα που έχουν κοπεί αλλά και το πόσο φρέσκα είναι τα φρούτα.

Στο δεύτερο τμήμα οι απαντήσεις των ομάδων διέφεραν. Κάποιοι παρατήρησαν τη διαφορά στο χρώμα, κάποιοι ότι δεν είναι φρέσκο ή ότι είναι τάλαιπωρημένο και κάποιοι ότι είναι οξειδωμένο.

2^η ερώτηση: *Πού νομίζετε ότι οφείλεται το φαινόμενο που παρατηρείτε;*

Η πλειονότητα των ομάδων συσχέτισε το φαινόμενο με την έκθεσή του για μεγάλο χρονικό διάστημα στον αέρα, στην ύπαρξη του οποίου αποδίδουν τη μεταβολή. Σε κάποιες περιπτώσεις οι απαντήσεις δεν είχαν αιτιολόγηση και πιθανώς να ήταν επηρεασμένες από την πειραματική διάταξη που είχαν οι μαθητές μπροστά τους. Για παράδειγμα οι ομάδες μαθητών που μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας απέδωσαν το φαινόμενο στη θερμοκρασία.

3^η ερώτηση: *Πώς θα ονομάζατε το φαινόμενο;*

Στο πρώτο τμήμα οι μαθητές ονόμασαν το φαινόμενο σάπισμα, επηρεασμένοι προφανώς από την καθημερινή ζωή και οξείδωση. Και οι δύο ονομασίες είναι πλήρως αποδεκτές.

Στο δεύτερο τμήμα, οι μαθητές ονόμασαν το φαινόμενο μαύρισμα, σάπισμα, οξειδωση. Κάποιοι το συσχέτισαν με το νερό και γι' αυτό το ονόμασαν υγρασία ή αφυδάτωση.

4η ερώτηση: *Με ποιον τρόπο νομίζετε ότι θα μπορούσατε να καθυστερήσετε ή και να εμποδίσετε την εμφάνιση αυτού του φαινομένου;*

Όλες οι ομάδες, εκτός από μία, πίστευαν πως για να καθυστερήσουν ή να εμποδίσουν το φαινόμενο θα έπρεπε να είναι κάπου με χαμηλή θερμοκρασία ή σε δροσερό μέρος. Μόνο η ομάδα του ξυδιού, επηρεασμένοι προφανώς από την πειραματική διαδικασία θεώρησαν πως πρέπει να στάξουν κάποια όξινη ουσία για την καθυστέρηση του φαινομένου.

Στο άλλο τμήμα, οι ομάδες σχεδόν στο σύνολό τους απάντησαν πως για να αποφευχθεί το φαινόμενο πρέπει να το τυλίξουμε με κάποια μεμβράνη ή ζελατίνα, πιθανώς σκεπτόμενοι να μην έρχεται σε επαφή με τον αέρα αλλά και γιατί το έχουν δει να συμβαίνει στην καθημερινή τους ζωή. Μία ομάδα της θερμοκρασίας, ανέφερε πως πρέπει να μειώσουμε τη θερμοκρασία.

2. Για τη δραστηριότητα Β

Όλες οι ομάδες συμπλήρωσαν με πλήρη αυτονομία τις παρατηρήσεις τους στον πίνακα.

3. Για τη δραστηριότητα Γ

Όσον αφορά στις ομάδες που μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας, φαίνεται πως δεδομένου ότι δεν επιτεύχθηκε η επιθυμητή θερμοκρασία στους 100 °C προκειμένου να δουν ότι εκεί αναστέλλεται η λειτουργία του ενζύμου, δεν ολοκλήρωσαν σωστά τη γραφική παράσταση.

Όσον αφορά στις ομάδες που μελέτησαν την επίδραση του αλκοολούχου ποτού δεν έγραψαν κάποιο συμπέρασμα καθώς οι παρατηρήσεις τους ήταν συγκεχυμένες με αποτέλεσμα και η απεικόνιση στο διάγραμμα να μην οδηγεί σε κάποιο ασφαλές συμπέρασμα. Στο άλλο τμήμα η μία ομάδα δεν έγραψε κάποιο συμπέρασμα και θεωρούμε ότι αυτό οφείλεται στο ότι στις παρατηρήσεις δεν έδωσαν βάση στο χρώμα αλλά στη σκληρότητα του μήλου και στο υγρό που έχει απορροφήσει, όπως φαίνεται από τις καταγραφές τους στον πίνακα, ενώ η δεύτερη ομάδα έβγαλε συμπέρασμα που συνάδει με τη γραφική τους παράσταση.

Όσον αφορά στις ομάδες που μελέτησαν την επίδραση της οξύτητας, η μία δεν έγραψε κάποιο συμπέρασμα και η γραφική δε θεωρείται ιδιαίτερα έγκυρη καθώς την έκαναν μετά από 14 λεπτά, όπου το φαινόμενο δεν έχει δείξει την έντασή του. Επίσης από τις παρατηρήσεις θεωρούμε πως μπέρδεψαν τα ποτήρια που υπήρχε το μήλο. Η άλλη όμως ομάδα παρ' όλο που έκανε τη γραφική παράσταση μετά από 10 μόλις λεπτά, κατέληξε σε ικανοποιητική γραφική παράσταση και σε ορθό συμπέρασμα. Στο άλλο τμήμα, οι ομάδες έβγαλαν σωστό συμπέρασμα βάσει της γραφικής παράστασης αλλά και της παραγράφου. Συνεπώς, αξιοποίησαν όλα τα δεδομένα και τις παρατηρήσεις τους για να βγάλουν τα συμπεράσματά τους.

4. Για τη δραστηριότητα Δ

Όσον αφορά στους μαθητές της Β' Γυμνασίου συνεργάστηκαν άψογα ομαδικά και μεθοδικά. Πιο συγκεκριμένα, χώρισαν αρμοδιότητες τις οποίες εκτέλεσαν και στο τέλος έκαναν άρτιες παρουσιάσεις, που όλοι πήραν το λόγο και έβγαλαν το συμπέρασμά τους. Μάλιστα δεν ήταν λίγες οι ομάδες που έκαναν ένα τυφλό δείγμα, προκειμένου να αποδείξουν ότι όντως δε γίνεται το ζελέ με φρέσκο ανανά και ακτινίδιο, μελέτησαν όλους τους παράγοντες που είχαμε κάνει στο πείραμα στο σχολείο, είχαν φωτογραφίες και έβγαλαν συμπεράσματα.

4.2. Β' φάση πιλοτικής δοκιμής

Δεδομένων των παρατηρήσεων που έγιναν στην Α' φάση της πιλοτικής δοκιμής, στην τελική Β' φάση τροποποιήθηκαν τα απαιτούμενα. Αρχικά, οι δοκιμές έλαβαν χώρα στο εργαστήριο του σχολείου και όχι στις σχολικές αίθουσες. Η απαιτούμενη διάταξη των θρανίων διαμορφώθηκε εξ' αρχής και διατηρήθηκε έτσι ώστε τα παιδιά να δουλέψουν σε ομάδες μέχρι να ολοκληρώσουν και τα 3 τμήματα το πείραμά τους (εικόνες 6 και 7). Ακόμα τα διαλύματα των ομάδων ήταν έτοιμα έτσι ώστε να εξοικονομηθεί πολύτιμος χρόνος. Επιπλέον, αντί για βραστήρα χρησιμοποιήθηκε γκαζάκι με πλέγμα προκειμένου το νερό να βράσει και το κομμένο μήλο τοποθετήθηκε μέσα σε αυτό για 5 λεπτά. Τέλος, αντί για 27 mL ξύδι και 3 mL νερό, χρησιμοποιήσαμε 30 mL ξύδι στην τελική δοκιμή, καθώς έδινε το ίδιο αποτέλεσμα στην εμφάνιση του μήλου. Με αυτές τις τροποποιήσεις, τα παιδιά κατάφεραν να ολοκληρώσουν με επιτυχία όλο το φύλλο εργασίας και να προλάβουν να

διαβάσουν όλες τις χρήσιμες πληροφορίες από αυτό. Πολύ σημαντική ήταν και η επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας σε κάθε ένα ποτήρι.



Εικόνα 6: Ομάδα πειρατισμού επίδρασης ποτού



Εικόνα 7: Ομάδα πειρατισμού επίδρασης ξυδιού

Οι προσδοκώμενες γραφικές παραστάσεις φαίνονται στο φύλλο οδηγιών καθηγητή στο Παράρτημα Ι.

Τα συμπεράσματα που βγάλαμε από την Β' φάση της πιλοτικής δοκιμής (Β' και Γ' Γυμνασίου), ανά δραστηριότητα είναι τα ακόλουθα:

1. Για τη δραστηριότητα Α

1^η ερώτηση: *Τι παρατηρείτε στην εμφάνιση του μήλου συγκρίνοντας τις δύο εικόνες;*

Όλες οι ομάδες μαθητών παρατήρησαν τη διαφορά στο χρώμα και στην αλλοίωσή του.

2^η ερώτηση: *Πού νομίζετε ότι οφείλεται το φαινόμενο που παρατηρείτε;*

Οι ομάδες, στην πλειονότητά τους, συσχέτισαν το φαινόμενο με την έκθεσή του για μεγάλο χρονικό διάστημα στον αέρα και στο οξυγόνο. Και στη Β' φάση υπάρχουν ομάδες που δεν είχαν αιτιολόγηση και εικάζεται ότι επηρεάστηκαν από την πειραματική διάταξη που είχαν μπροστά τους.

3^η ερώτηση: *Πώς θα ονομάζατε το φαινόμενο;*

Κάποιες ομάδες ονόμασαν το φαινόμενο σάπισμα, μαύρισμα, επηρεασμένοι προφανώς από την καθημερινή ζωή, οξείδωση και χημική αντίδραση. Και οι τρεις ονομασίες είναι πλήρως αποδεκτές, καθώς φαίνεται να κατανοούν ότι το φαινόμενο οφείλεται σε κάποια αντίδραση. Άλλες ομάδες ονόμασαν το φαινόμενο αλλαγή χρώματος, γήρανση, επηρεασμένοι προφανώς από την καθημερινή τους ζωή και κάποιες πιθανόν χιουμοριστικά, μαυρίδα και μαυρισμό. Υπήρξαν ομάδες που δεν έδωσαν όνομα.

4^η ερώτηση: *Με ποιον τρόπο νομίζετε ότι θα μπορούσατε να καθυστερήσετε ή και να εμποδίσετε την εμφάνιση αυτού του φαινομένου;*

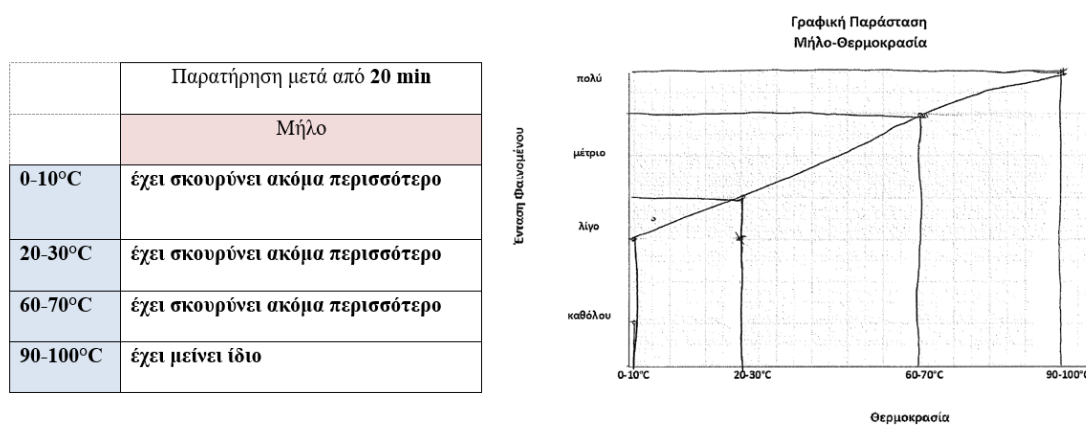
Όλες οι ομάδες, εκτός από μία, έγραψαν πως για να καθυστερήσουν ή να εμποδίσουν το φαινόμενο θα έπρεπε να τοποθετήσουν τις κομμένες φέτες κάπου όπου δε θα υπάρχει αέρας και οξυγόνο. Μόνο μία ομάδα μαθητών που μελετούσε την επίδραση του ξυδιού και μία ομάδα που μελετούσε την επίδραση του ποτού, επηρεασμένοι προφανώς από την πειραματική διαδικασία, θεώρησαν πως πρέπει να βάλουν ξύδι και ποτό αντίστοιχα για την καθυστέρηση του φαινομένου.

2. Για τη δραστηριότητα Β

Όλες οι ομάδες συμπλήρωσαν με πλήρη αυτονομία τις παρατηρήσεις τους στον πίνακα.

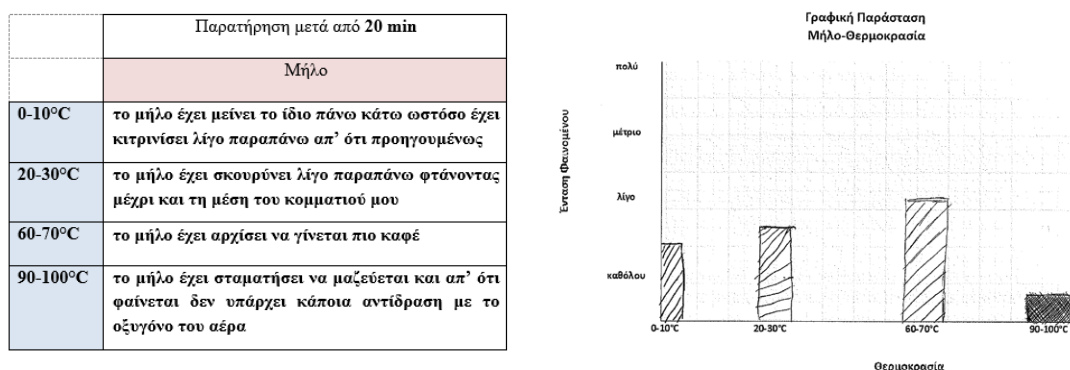
3. Για τη δραστηριότητα Γ

Η πλειονότητα των ομάδων που μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας, φαίνεται πως παρ' όλο που παρατήρησαν ότι το μήλο παρέμεινε στην ίδια κατάσταση στους 100°C και έχουν προσπαθήσει να το γράψουν και στο συμπέρασμα, στη γραφική το έβγαλαν ως «πολύ» στην ένταση του φαινομένου προφανώς παρασυρόμενοι από τη μορφή της ευθείας που έχουν συνηθίσει στις γραφικές παραστάσεις και ως συνέπεια έβγαλαν και λανθασμένο συμπέρασμα. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στην εικόνα 8.



Εικόνα 8: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας

Μία μόνο ομάδα κατέγραψε τις παρατηρήσεις της στη γραφική παράσταση ορθά και επιπλέον έγραψε ένα πολύ ξεκάθαρο και ολοκληρωμένο συμπέρασμα. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στην εικόνα 9.

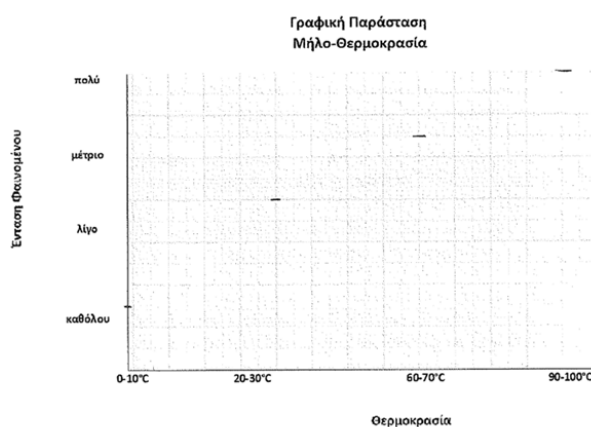


Εικόνα 9: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας

Μία άλλη ομάδα κατέγραψε τις παρατηρήσεις της στη γραφική παράσταση, όμως αυτές αφορούσαν την φυσική κατάσταση του μήλου και όχι το χρώμα του.

Συνεπώς θεώρησαν πως όσο πιο μαλακό ήταν τόσο πιο έντονο ήταν το φαινόμενο. Συμπερασματικά, δεν κατανόησαν ποιο φαινόμενο μελετάμε και έβγαλαν εσφαλμένα συμπεράσματα (εικόνα 10).

| Παρατήρηση μετά από 20 min | |
|----------------------------|--|
| Μήλο | |
| 0-10°C | το μήλο έχει κιτρινίσει αλλά βρίσκεται σε καλή κατάσταση |
| 20-30°C | το μήλο φαίνεται πιο σάπιο |
| 60-70°C | το μήλο έχει μαλακώσει και διαλύεται |
| 90-100°C | το μήλο είναι μαλακό και έχει διαλυθεί |

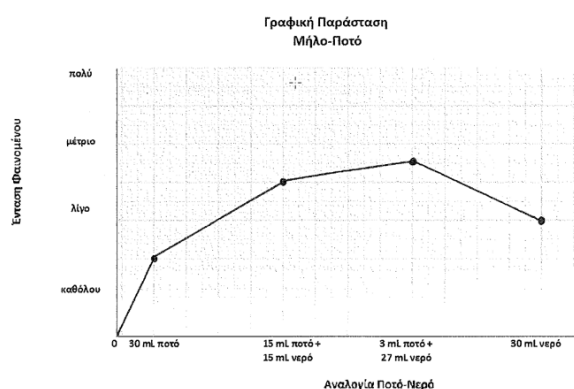


Εικόνα 10: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας

Ακόμα μία ομάδα έγραψε ένα περιεκτικό συμπέρασμα, που δε συσχετίστηκε με τις θερμοκρασίες και τα ένζυμα. Συγκεκριμένα ανέφεραν: «Το νερό επιβραδύνει το μαύρισμα του μήλου»

Όσον αφορά στις ομάδες που μελέτησαν την επίδραση του αλκοολούχου ποτού κάποιες κατέγραψαν τις παρατηρήσεις τους στη γραφική παράσταση ορθά (εικόνα 11) και έγραψαν και σωστό συμπέρασμα βάσει της παρατήρησης.

| Παρατήρηση μετά από 20 min | |
|----------------------------|--|
| Μήλο | |
| 30 mL ρούμι | δεν έχει αλλάξει πολύ και έχει στεγνώσει λίγο |
| 15 mL ρούμι + 15 mL νερό | δεν έχει αλλάξει καθόλου |
| 3 mL ρούμι + 27 mL νερό | έχει γίνει λίγο πορτοκαλί και έχει στεγνώσει |
| 30 mL νερό | έχει γίνει ελάχιστα πορτοκαλί και έχει στεγνώσει |



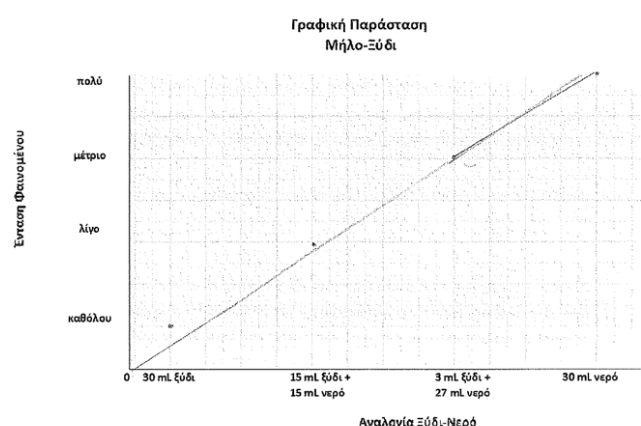
Εικόνα 11: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας

Συγκεκριμένα ανέφεραν: «Το αλκοολούχο ποτό αδρανοποιεί τα ένζυμα του μήλου, γι' αυτό παρατηρείται λίγο έως καθόλου μαύρισμα στο κομμάτι του μήλου που βυθίστηκε στο ρούμι.»

Μία ομάδα κατέγραψε τις παρατηρήσεις της στη γραφική παράσταση ορθά όμως έγραψε ένα συμπέρασμα χωρίς να το συσχετίσει με την παρουσία ποτού και ενζύμου. Τέλος, κάποιες έγραψαν ένα συμπέρασμα που ουσιαστικά αναπαρήγαγαν τη θεωρία που περιείχε το φύλλο εργασίας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα απάντησης: «Συμπεραίνουμε ότι η αλλαγή στην εμφάνιση των μήλων οφείλεται στη δράση των ενζύμων τα οποία χρησιμοποιούν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και μετατρέπουν χημικές ουσίες των φρούτων σε έγχρωμες ενώσεις. Τέλος, εάν το ένζυμο χάσει τη λειτουργικότητά του το φρούτο δεν αποκτά το «μαύρισμα».»

Όσον αφορά στις ομάδες που μελέτησαν την επίδραση της οξύτητας κατέγραψαν τις παρατηρήσεις της στη γραφική παράσταση ορθά και έγραψαν και σωστό συμπέρασμα βάσει της παρατήρησης. Οι μαθητές μιας ομάδας φαίνεται πως δεν παρατήρησαν κάποια αλλαγή σε κανένα δείγμα, ενώ στη γραφική παράσταση παρουσίασαν διαφορετική ένταση του φαινομένου, προκειμένου να καταλήξουν σε ευθεία γραμμή (εικόνα 12).

| Παρατήρηση μετά από 20 min | |
|----------------------------|--|
| Μήλο | |
| 30 mL ξύδι | το ίδιο με πριν |
| 15 mL ξύδι + 15 mL νερό | το χρώμα του είναι ίδιο με αυτό που είχε πριν δέκα λεπτά (έχει αρχίσει να αποκτά πιο σκούρο χρώμα) |
| 3 mL ξύδι + 27 mL νερό | έχει σκουρύνει λίγο περισσότερο από τα δέκα λεπτά |
| 30 mL νερό | έχει σκουρύνει περισσότερο απ' όλα |



Εικόνα 12: Πίνακας παρατηρήσεων και γραφική παράσταση ομάδας

Τελικά όμως έβγαλαν σωστό συμπέρασμα βάσει της παρατήρησης. Επιπλέον, μία ομάδα κατέγραψε και ένα ολοκληρωμένο συμπέρασμα το οποίο συσχέτισαν και με την παράγραφο που εξηγούσε τα ένζυμα. Συγκεκριμένα ανέφεραν: «Η επίδραση του ξυδιού στο συγκεκριμένο φαινόμενο έχει ως αποτέλεσμα τα μήλα που ήταν σε ποτήρι με περισσότερο ξύδι να κιτρινίζουν πολύ πιο δύσκολα απ' ότι σε αυτά με περισσότερο νερό. Όσο περισσότερο ξύδι τόσο δυσκολότερη η ωρίμανση όσο περνάει η ώρα (αυτό συμβαίνει καθώς το ξύδι έχει ουσίες που αδρανοποιούν τη δράση των ενζύμων).»

4. Για τη δραστηριότητα Δ

Στην περίπτωση της δραστηριότητας Δ, δηλαδή της διαδικασίας επίλυσης ενός προβλήματος, συγκεκριμένα την παραγωγή ζελέ με φρέσκο ακτινίδιο ή ανανά, θεωρήσαμε ορθό να διαχωρίσουμε και να σχολιάσουμε τον τρόπο που δούλεψαν οι μαθητές της Β' και οι μαθητές της Γ' Γυμνασίου.

Όσον αφορά στους μαθητές της Β' Γυμνασίου συνεργάστηκαν άψογα ομαδικά και μεθοδικά. Πιο συγκεκριμένα, χώρισαν αρμοδιότητες τις οποίες εκτέλεσαν και στο τέλος έκαναν άρτιες παρουσιάσεις, που όλοι πήραν το λόγο και έβγαλαν το συμπέρασμά τους. Μάλιστα δεν ήταν λίγες οι εργασίες που έκαναν ένα τυφλό δείγμα, προκειμένου να αποδείξουν ότι όντως δε γίνεται το ζελέ με φρέσκο ανανά και ακτινίδιο, μελέτησαν όλους τους παράγοντες που είχαμε κάνει στο πείραμα στο σχολείο, είχαν φωτογραφίες και έβγαλαν συμπεράσματα.

Όσον αφορά στους μαθητές της Γ' Γυμνασίου, είχαν λιγότερο μεθοδικές εργασίες, που σε πολλές περιπτώσεις είτε δούλεψαν οι μισοί σε κάθε ομάδα, είτε δεν ανταπεξήλθαν ως ομάδα και έφεραν ατομικές εργασίες. Η δικαιολογία συνήθως ήταν η έλλειψη χρόνου. Μάλιστα παρατηρήθηκε έντονα το φαινόμενο της «εύκολης λύσης», καθώς πολλοί βρήκαν ότι με τον κονσερβοποιημένο ανανά γίνεται το ζελέ. Έτσι είτε το έφτιαξαν με αυτόν, που δεν ήταν αυτός ο σκοπός, είτε ανέφεραν ότι αφού στον κονσερβοποιημένο ανανά έχει πραγματοποιηθεί θερμική επεξεργασία και γίνεται το ζελέ λογικά θα πρέπει να αυξήσουμε τη θερμοκρασία στον φρέσκο για να το φτιάξουμε και περιορίστηκαν σε αυτό. Βέβαια ήταν και κάποιες ομάδες που λειτούργησαν άρτια και μεθοδικά, κάνοντας πειράματα, βγάζοντας φωτογραφίες και εξάγοντας συμπεράσματα (εικόνα 13).



Εικόνα 13: Φωτογραφίες παρασκευασμένων ζελέ με φρέσκο ανανά και ακτινίδιο από ομάδες μαθητών

4.3. Παρατηρήσεις

1) Οι μαθητές φαίνεται να επιδίωξαν να φτιάξουν ευθεία γραμμή στη **γραφική παράσταση** καθώς αυτή είναι η μορφή την οποία έχουν συνηθίσει. Χαρακτηριστικά, από συζητήσεις των παιδιών, αν δεν έβγαιναν τα σημεία κοντά σε μία ευθεία πίστευαν ότι έχουν κάνει λάθος, παρ' όλο που οι παρατηρήσεις τους δεν απέδιδαν ευθεία. Στη μελέτη της θερμοκρασίας χαρακτηριστικά παρ' όλο που στους 100°C δεν είδαν αλλαγή το έβαλαν στο μέγιστο στην γραφική παράσταση. Μελετώντας την ύλη των μαθηματικών και της φυσικής από τη Στ' Δημοτικού έως και την Γ' Γυμνασίου, προκειμένου να δούμε τις γνώσεις των μαθητών στις γραφικές παραστάσεις είδαμε ότι:

❖ **Μαθηματικά Στ' Δημοτικού:** Οι μαθητές μαθαίνουν να μελετούν και να κάνουν ραβδογράμματα. Επίσης κάνουν μια εισαγωγή στα σημειογράμματα και στα κυκλικά διαγράμματα χωρίς όμως να μαθαίνουν να τα φτιάχνουν.⁴⁷

❖ **Μαθηματικά Α' Γυμνασίου:** Οι μαθητές μαθαίνουν να κάνουν παράσταση σημείων στο επίπεδο και επιπλέον έρχονται για πρώτη φορά σε επαφή με καρτεσιανές συντεταγμένες.⁴⁸

❖ **Μαθηματικά Β' Γυμνασίου:** Οι μαθητές μαθαίνουν να κάνουν γραφική παράσταση μιας συνάρτησης (μετά από 23 διδακτικές ώρες) καθώς και γενικά γραφικές παραστάσεις, ραβδογράμματα και κυκλικά διαγράμματα (μετά από 36 διδακτικές ώρες). Τέλος, υπάρχει μια παράγραφος σε ένα κεφάλαιο που

μαθαίνουν να ομαδοποιούν τις παρατηρήσεις τους με ιστόγραμμα συχνοτήτων, που όμως είναι στην ευχέρεια του εκπαιδευτικού να το διδάξει.⁴⁹

❖ **Φυσική Β' Γυμνασίου:** Οι μαθητές μαθαίνουν να αποτυπώνουν πειραματικά δεδομένα σε διαγράμματα. Ακόμα στο βιβλίο υπάρχει ένα διάγραμμα ταχύτητας χρόνου (U-t), που δείχνει την κίνηση με σταθερή ταχύτητα, που όμως είναι εκτός ύλης. Επιπλέον, οι μαθητές πραγματοποιούν ένα πείραμα όπου μετράνε τις μάζες σωμάτων και κάνουν το αντίστοιχο διάγραμμα.^{50, 51}

❖ **Μαθηματικά Γ' Γυμνασίου:** Οι μαθητές δε διδάσκονται κάτι σε σχέση με τις γραφικές παραστάσεις.⁵²

❖ **Φυσική Γ' Γυμνασίου:** Οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν ένα διάγραμμα έντασης ηλεκτρικού ρεύματος-διαφοράς δυναμικού (I-V).⁵³

Συμπερασματικά, οι μαθητές έχουν έρθει σε επαφή από το δημοτικό ακόμα με τις γραφικές παραστάσεις, όμως έχουν συνηθίσει τις απλές γραφικές παραστάσεις που ξεκινάνε από την αρχή των αξόνων. Παρ' όλα αυτά έχουν μελετήσει αρκετά ραβδογράμματα οπότε αποτέλεσε έκπληξη το γεγονός ότι αντί να εμπιστευτούν την παρατήρησή τους (είδαν και σημείωσαν στον πίνακα ότι στους 100°C το μήλο δε μαύρισε) αλλοίωσαν την παρατήρηση προκειμένου να καταλήξουν σε ευθεία γραμμή. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές της Β' και της Γ' Γυμνασίου δεν έχουν κάποια διαφορά σε αυτά που έχουν διδαχτεί γύρω από αυτό το κεφάλαιο.

2) Το μήλο στους 100°C εξ' αρχής λόγω βρασμού είχε ένα κίτρινο χρώμα το οποίο διατήρησε καθ' όλη τη διάρκεια, αφού λόγω του ότι τα ένζυμα είχαν αδρανοποιηθεί δε θα μαύριζε. Κάποιες ομάδες θεώρησαν ότι αυτή είναι η μέγιστη ένταση του φαινομένου.

3) Λίγες ομάδες **συσχέτισαν το συμπέρασμα με τα ένζυμα**, παρ' όλο που υπήρχε παράγραφος από πάνω που έδειχνε τη συσχέτιση. Οι μαθητές του Γυμνασίου έχουν πολύ μικρή επαφή με τα γνωστικό αντικείμενο των ενζύμων, όμως η κατανόησή τους είναι υψίστης σημασίας λόγω της αξίας που έχουν. Μελετώντας την ύλη του σχολείου τα ένζυμα και ο μεταβολισμός υπάρχουν στο βιβλίο Βιολογίας της Β' και Γ' Γυμνασίου και διδάσκεται προαιρετικά σε οποιαδήποτε τάξη ή στο πλαίσιο διαθεματικής εργασίας. Ακόμα υπάρχουν στην

ενότητα της αιθανόλης σε μία παράγραφο που αναφέρει τον ορισμό των ενζύμων καθώς και πως λειτουργούν.

4) Στις ερωτήσεις της δραστηριότητας Α έγραφαν σε μεγάλο βαθμό με ορολογία, προσπαθώντας να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστεροι. Αξίζει να σημειωθεί πως αρκετές ομάδες φαίνεται να επηρεάστηκαν από τη μελέτη του εκάστοτε παράγοντα. Ακόμα σε μεγάλο ποσοστό οι μαθητές ορθά συσχέτισαν το φαινόμενο της αμαύρωσης με την παρουσία οξυγόνου στον αέρα.

5) Κατά τη διάρκεια του πειράματος στο σχολείο, δεν έκαναν πολλές ερωτήσεις και δούλευαν ομαδικά και συγκεντρωμένα. Το γεγονός αυτό έδειξε τη σπουδαιότητα της διαδικασίας της διερεύνησης καθώς με εμπιστοσύνη στον εαυτό τους παρατηρούσαν και έβγαζαν τα συμπεράσματά τους.

4.4. Αποτελέσματα-Συζήτηση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η αξιολόγηση των μαθητών ενδείκνυται να πραγματοποιηθεί μέσω ερωτηματολογίου, στο πλαίσιο του συναισθηματικού τομέα, απέναντι στη διεξαγωγή των ασκήσεων και των πρακτικών που χρησιμοποίησαν, καθώς η βιβλιογραφία δείχνει μια συσχέτιση μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών για το μαθησιακό περιβάλλον στην τάξη και τις μαθησιακές-γνωστικές τους προσεγγίσεις.^{9, 29} Αυτή η μέθοδος αξιολόγησης συνάδει περισσότερο με μια κονστрукτιβιστική προσέγγιση της διδασκαλίας, η οποία επικεντρώνεται στον μαθητή και εξετάζει άμεσα τους μεμονωμένους γνωστικούς μηχανισμούς μάθησης για την κατεύθυνση στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων βασισμένων στη διερεύνηση.¹

Για την συνολική αξιολόγηση της διαδικασίας αναπτύχθηκαν και διαμοιράστηκαν τα κατάλληλα φύλλα αξιολόγησης. Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτά είναι:

1. *«Αυτό που μου άρεσε περισσότερο ...»*
2. *«Αυτό που δε μου άρεσε ...»*
3. *«Αυτό που βρήκα πιο δύσκολο...»*
4. *«Αυτό που έκανε τη διαδικασία της μάθησης πιο αποτελεσματική...»*
5. *«Η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησα...»*
6. *«Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος:*

α. Χρησιμοποίησα πληροφορίες από το διαδίκτυο όσον αφορά στο **συγκεκριμένο** πρόβλημα.

β. Αξιοποίησα τα αποτελέσματα όλων των ομάδων σχετικά με τη δραστηριότητα με το μήλο που έγινε στην τάξη.

γ. Συμβουλευτήκα τα μέλη της οικογένειάς μου.

δ. Συζήτησα με τα μέλη της ομάδας μου πριν αρχίσω τα πειράματα.

ε. Διάβασα για τα ένζυμα στο διαδίκτυο.

στ. Συμβουλευτήκα το σχολικό μου βιβλίο για τα ένζυμα

ζ. Σκέφτηκα κάποια παραδείγματα που έχω από την καθημερινότητά μου.

Καταγράφοντας τις απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια στο Microsoft Excel, ομαδοποιήσαμε τις απαντήσεις βάσει των λέξεων-κλειδιά, οι οποίες χρησιμοποιούνταν σε μεγαλύτερη συχνότητα. Απαντήσεις οι οποίες δεν ομαδοποιούνταν καθώς δεν υπήρχαν σε μεγάλη συχνότητα λήφθηκαν υπ' όψιν προκειμένου να συμπεριληφθούν στη διαδικασία της ανάλυσης.⁴⁶

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η ανάλυση των φύλλων αξιολόγησης ξεκίνησε με την κωδικοποίηση των δεδομένων μετά την ολοκλήρωση όλης της διαδικασίας. Στόχος της κωδικοποίησης αυτής είναι ο εντοπισμός των επανειλημμένων απαντήσεων των μαθητών, που τελικά οδηγεί στη σύνθεση και εξαγωγή συμπερασμάτων. Η ανάλυση αυτή αξιοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των κύριων θεμάτων στα φύλλα αξιολόγησης. Η πρώιμη ανάλυση των δεδομένων από τα φύλλα εργασίας ήταν επαγωγική, επιτρέποντας έτσι την ανάδειξη των κυριότερων απαντήσεων των μαθητών. Επιπλέον, η επαγωγική αυτή μέθοδος συνδυάστηκε με μια μέθοδο ταυτόχρονης συγκριτικής ανάλυσης, η οποία μας επέτρεψε να ομαδοποιήσουμε τις απαντήσεις των μαθητών, δεδομένου ότι οι ερωτήσεις ήταν κοινές, αναλύοντας τις διαφορετικές οπτικές των μαθητών απέναντι στη διερευνητική προσέγγιση που εφαρμόστηκε. Αυτό συνεχίστηκε μέχρι να μην μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε άλλο τις απαντήσεις που συλλέχθηκαν. Όσες απαντήσεις δεν μπορούσαν να μπουν στις γενικές κατηγορίες κωδικών, αντιμετωπίστηκαν ως κατηγορίες από μόνες τους, ώστε να αξιοποιηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων.⁵⁴

Πίνακας 2: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση:
«Αυτό που μου άρεσε περισσότερο ήταν...»

| Ερώτηση: Αυτό που μου άρεσε περισσότερο ήταν... | | | | | | | |
|--|--|---|----------------------|-----------------------------|--|--|------------------------|
| Απαντήσεις μαθητών ανά τμήμα και συνολικά (N=75) | | | | | | | |
| | Διαδραστικό/ ενδιαφέρον/ πρωτότυπο μάθημα | Διαδικασία/ πειράματα/ παραγωγή ζελέ | Ομάδα/ συνεργασία | Μη συμμετοχή καθηγητή | Παρουσιάσεις/ παρατηρήσεις/ συμπεράσματα | Αναζήτηση πληροφοριών/ τρόποι επίλυσης | Τίποτα συγκεκριμένο |
| B1 | 5 | 14 | 8 | 0 | 3 | 2 | 0 |
| Γ3 | 2 | 6 | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 |
| Γ6 | 3 | 9 | 8 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| Σύνολο | 10 | 29 | 18 | 2 | 10 | 5 | 2 |

Οι κωδικοποιήσεις για την ερώτηση: «Αυτό που μου άρεσε περισσότερο ήταν...» είναι οι εξής:

Διαδραστικό/ ενδιαφέρον/ πρωτότυπο μάθημα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν το σύνολο του μαθήματος που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, από τα αρχικά πειράματα μέχρι και την παρουσίαση της δικής τους εργασίας. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Που μας δόθηκε η ευκαιρία να συμμετέχουμε σε ένα τέτοιο διαδραστικό μάθημα»
- «Ότι το θέμα αυτό είναι πρωτότυπο και ενδιαφέρον και μας έδωσε την ευκαιρία να ανταλλάξουμε απόψεις»
- «Το πείραμα ήταν αρκετά ενδιαφέρον και σίγουρα κάτι που δεν έχω ξανακάνει»

Διαδικασία/πειράματα/παραγωγή ζελέ: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τις πειραματικές διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, δηλαδή το

πείραμα στο σχολείο και η διαδικασία παραγωγής ζελέ στο σπίτι. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Ο πειραματισμός και η διαδικασία με την οποία φτιάχναμε το ζελέ.»
- «Η όλη διαδικασία που δουλέψαμε και τελικά φτιάξαμε και την εργασία.»
- «Ότι είχαμε την ευκαιρία να κάνουμε κάποιο πείραμα»

Ομάδα/Συνεργασία: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία της ομαδικότητας και της συνεργασίας στο πλαίσιο ενός μαθήματος. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Η ευκαιρία να συνεργαστώ με τους συμμαθητές μου»
- «Η συνεργασία και η ομαδική δουλειά ανάμεσα σε μένα και τους συμμαθητές μου»
- «Ότι δουλέψαμε σε ομάδες και όχι ατομικά»

Μη συμμετοχή καθηγητή: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία της έλλειψης συμμετοχής τους εκπαιδευτικού στη διαδικασία της μάθησης. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Ότι εμείς οι μαθητές έπρεπε να βρούμε λύση στο πρόβλημα χωρίς τη βοήθεια του καθηγητή μας»
- «Η διαδικασία του να ψάξουμε μόνοι μας για να βρούμε την πληροφορία που χρειαζόμασταν»

Παρουσιάσεις/παρατηρήσεις/συμπεράσματα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τις ενέργειες που ακολουθήθηκαν μέσα στην τάξη, έπειτα από τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος (παραγωγή ζελέ), που πραγματοποιήθηκε στο σπίτι. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Μπόρεσα να παρατηρήσω μόνος μου το φαινόμενο»,
- «Να συγκρίνω τα συμπεράσματα των συμμαθητών μου»
- «Οι διάφορες παρουσιάσεις των συμμαθητών μου»

Αναζήτηση πληροφοριών/ τρόπους επίλυσης: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τις ενέργειες που ακολουθήθηκαν στο σπίτι από τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος

(παραγωγή ζελέ), σε θεωρητικό πλαίσιο. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «*Η αναζήτηση πληροφοριών και η προσπάθεια εξήγησης του φαινομένου*»,
- «*Το να βρούμε τρόπους για να μας βγει το αποτέλεσμα που θέλαμε*»
- «*Η διαδικασία του να ψάξουμε μόνοι μας για να βρούμε την πληροφορία που χρειαζόμασταν*»

Τίποτα συγκεκριμένο: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που δεν αφορούσαν κάτι συγκεκριμένο. Οι απαντήσεις αυτές δεν μπορούσαν να ενταχθούν σε μία γενικότερη κατηγορία.

Όπως βλέπουμε από τον πίνακα το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών, συγκεκριμένα 29/75 μαθητές, ανέφεραν πως αυτό που τους άρεσε περισσότερο ήταν το κομμάτι του πειραματισμού. Αυτό αφορά είτε τη διαδικασία ως σύνολο, είτε τα πειράματα που πραγματοποίησαν στο σχολείο είτε την παραγωγή του ζελέ που φαίνεται ότι ορθώς αντιμετώπισαν ως πείραμα. Η καθοδηγούμενη διερεύνηση τονίζει την αξία του πειραματισμού επομένως το γεγονός ότι στους μαθητές άρεσε αυτό η όλη διαδικασία δείχνει επιτυχημένη.

Ακόμα φαίνεται ότι 18/75 μαθητές τόνισαν ότι αυτό που τους άρεσε περισσότερο ήταν ότι δούλεψαν σε ομάδες είτε στο σχολείο είτε στο σπίτι και συνεργάστηκαν με τους συμμαθητές τους για να πετύχουν το στόχο τους. Δεδομένου ότι η διαδικασία στηριζόταν στην ομαδοσυνεργατική μέθοδο, το γεγονός ότι οι μαθητές αναγνώρισαν την αξία της σε αυτό το ποσοστό είναι σημαντικό.

Επιπλέον, 10/75 μαθητές χαρακτήρισαν το μάθημα διαδραστικό, ενδιαφέρον, πρωτότυπο, εναλλακτικό και ότι έμαθαν με έναν διαφορετικό τρόπο, γεγονός που αν και σε όχι μεγάλο ποσοστό ήταν κάτι που ευχαρίστησε τους μαθητές. Ακόμα, 10/75 μαθητές ανέφεραν ότι τους άρεσε η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην τάξη, μετά την εργασία που είχαν για το σπίτι, δηλαδή οι παρουσιάσεις και παρατηρήσεις που έκαναν, καθώς και τα συμπεράσματα που μόνοι τους έβγαλαν. Είναι πολύ σημαντικό να αρέσει στους μαθητές η διαδικασία καθώς δεν ήταν εξοικειωμένοι και είναι βασικός στόχος της μεθόδου που εφαρμόσαμε.

Η αναζήτηση πληροφοριών, καθώς και η σκέψη επίλυσης του προβλήματος, που τους είχε ανατεθεί είναι πολύ σημαντική δεδομένης της μαθητοκεντρικής μεθόδου που εφαρμόστηκε. Μόνο 5/75 μαθητές απάντησαν ότι ήταν αυτό που τους άρεσε περισσότερο.

Υπήρξαν 2 μαθητές που ανέφεραν ότι τους άρεσε ότι η διαδικασία πραγματοποιήθηκε χωρίς τη βοήθεια του καθηγητή, ποσοστό το οποίο θα θέλαμε να είναι λίγο παραπάνω δεδομένου ότι η απουσία βοήθειας από πλευράς εκπαιδευτικού, είναι βασικό μέρος της καθοδηγούμενης διερεύνησης. Τέλος, 2/75 μαθητές δεν ανέφεραν ότι τους άρεσε κάτι συγκεκριμένο.

Πίνακας 3: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση:

«Αυτό που δε μου άρεσε ήταν...»

| Ερώτηση: Αυτό που δε μου άρεσε ήταν... | | | | | |
|---|-----------|--|------------------------------------|--|-------------------------------|
| Απαντήσεις μαθητών ανά τμήμα και συνολικά (N=75) | | | | | |
| | Τίποτα | Δυσκολία επικοινωνίας/ συνεργασίας με όλα τα μέλη της ομάδας | Η εξ αποστάσεως διαδικασία/ χρόνος | Διαδικασία ζελέ (αποτυχία παρασκευής, αγορά προϊόντων, μη επαρκή δεδομένα) | Το θέμα της εργασίας/ πείραμα |
| B1 | 8 | 7 | 2 | 4 | 0 |
| Γ3 | 6 | 14 | 3 | 5 | 3 |
| Γ6 | 11 | 8 | 3 | 1 | 1 |
| Σύνολο | 25 | 29 | 8 | 10 | 4 |

Οι κωδικοποιήσεις για την ερώτηση: «Αυτό που δε μου άρεσε ήταν..» είναι οι εξής:

Τίποτα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που έδειχναν πως δεν υπάρχει κάτι που να μην τους άρεσε. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Δεν υπήρχε κάτι που να μην μου άρεσε»*
- *«Δε βρήκα κάτι»*
- *«Τίποτα»*

Δυσκολία επικοινωνίας/ συνεργασίας με όλα τα μέλη της ομάδας: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την έντονη δυσαρέσκειά τους στο πλαίσιο της επικοινωνίας και της συνεργασίας στην ομάδα κυρίως στη διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Πως κάποια παιδιά στην ομάδα δε συνεργάστηκαν καθόλου»*
- *«Ότι κάποια παιδιά δεν ήταν εύκολο να συνεργαστούν στην ομάδα επειδή ήταν συνέχεια απασχολημένα και “και καλά” δυσκολεύονταν»*
- *«Μερικοί από την ομάδα δεν μπήκαν στον κόπο να συμμετέχουν»*

Η εξ αποστάσεως διαδικασία/ χρόνος: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τη δυσκολία στη διαδικασία επίλυσης προβλήματος, στο πλαίσιο της εξ αποστάσεως διαδικασίας και την έλλειψη χρόνου. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Η ώρα που έκανα μέχρι να φτιάξω το ζελέ»*
- *«Ότι δεν καταφέραμε να βρεθούμε από κοντά»*
- *«Ότι το κάναμε διαδικτυακά και μας πήρε αρκετό χρόνο»*

Διαδικασία ζελέ (αποτυχία παρασκευής, αγορά προϊόντων, μη επαρκή δεδομένα): Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τις ενέργειες που ακολουθήθηκαν στο σπίτι από τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος (παραγωγή ζελέ). Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Οι πολλές αποτυχίες»*
- *«Το ότι δεν καταφέραμε να πήξουμε το ζελέ»*
- *«Ότι έπρεπε να γίνει μόνο με δύο φρούτα και έπρεπε να πάω σουπερμάρκετ να τα αγοράσω»*

Το θέμα της εργασίας/πείραμα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τη δυσαρέσκειά τους για τη θεματολογία της διαδικασίας που ακολουθήθηκε. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «*Το πείραμα*»
- «*Το θέμα της εργασίας*»
- «*Το θέμα της δραστηριότητας*»

Όπως βλέπουμε από τον πίνακα το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών συγκεκριμένα 29/75 τόνισαν πως αυτό που δεν τους άρεσε ήταν η δυσκολία επικοινωνίας με όλα τα μέλη της ομάδας. Πιο αναλυτικά, δεν άρεσε στους μαθητές το γεγονός ότι κάποιοι στην ομάδα δούλευαν και προσπαθούσαν ενώ άλλοι όχι. Στο πλαίσιο μιας ομάδας αυτό είναι πολύ σύνηθες και οι μαθητές όντως δυσανασχέτησαν με το αναμενόμενο, δηλαδή την έλλειψη συνεργασίας με όλα τα μέλη της.

Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των μαθητών συγκεκριμένα 25/75 ανέφερε πως δεν υπήρχε κάτι που να μην τους άρεσε. Το γεγονός αυτό είναι ενθαρρυντικό καθώς ένας βασικός στόχος είναι να νιώθουν οι μαθητές ευχαριστημένοι στο συναισθηματικό πλαίσιο, καθώς σύμφωνα με τη βιβλιογραφία όταν τους αρέσει η διαδικασία της μάθησης πετυχαίνουν και τους αντίστοιχους γνωστικούς στόχους.

Ακόμα, 10/75 ανέφεραν πως δεν τους άρεσε η διαδικασία επίλυσης προβλήματος που τους είχε ανατεθεί, δηλαδή η διαδικασία παρασκευής ζελέ και συγκεκριμένα η αποτυχία παρασκευής του, η αγορά των προϊόντων που χρειάζονταν, τα μη επαρκή δεδομένα. Γενικώς η διαδικασία αυτή εξ αρχής θεωρήσαμε ότι μπορεί να δυσκολέψει τους μαθητές δεδομένου ότι δεν αναλαμβάνουν τέτοιου είδους εργασίες για το σπίτι. Όμως οι μαθητές που το ανέφεραν ως μη αρεστό ήταν λίγοι και αυτό είναι πολύ θετικό για την έρευνά μας.

Επιπλέον, 8/75 μαθητές ανέφεραν πως δεν τους άρεσε η εξ αποστάσεως διαδικασία και ο χρόνος που χρειάστηκε για να πραγματοποιηθεί. Για μία ακόμη φορά θεωρούμε ότι το ποσοστό αυτό είναι μικρό καθώς πράγματι ήταν δυσάρεστο ότι τα παιδιά δεν μπορούσαν να βρεθούν δια ζώσης και

έπρεπε να αφιερώσουν οριακά και τον διπλάσιο χρόνο για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Τέλος, μόλις 4 μαθητές ανέφεραν ότι δεν τους άρεσε το θέμα της εργασίας και το πείραμα.

Από τις απαντήσεις στις δύο πρώτες ερωτήσεις αναδεικνύεται κυρίως η αξία αλλά και η δυσκολία της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου. Στις περιπτώσεις που οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να συνεργαστούν και να δουλέψουν ομαδικά στον ίδιο βαθμό αυτή η δυσκολία θεωρήθηκε καθοριστική γι' αυτό και απάντησαν ότι ήταν αυτό που δεν τους άρεσε περισσότερο, με την απάντηση αυτή να κυριαρχεί αριθμητικά. Αντίθετα, στις ομάδες που επιτεύχθηκε η συνεργασία καταγράφηκε από τους μαθητές ότι ήταν αυτό που τους άρεσε περισσότερο χωρίς όμως να συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό.

**Πίνακας 4: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση:
«Αυτό που μου βρήκα πιο δύσκολο ήταν...»**

| Ερώτηση: Αυτό που βρήκα πιο δύσκολο ήταν... | | | | | |
|---|-----------|---|--|--|---|
| Απαντήσεις μαθητών ανά τμήμα και συνολικά (N=75) | | | | | |
| | Τίποτα | Δυσκολία επικοινωνίας/ συνεργασίας με όλα τα μέλη της ομάδας/ διαμοιρασμός αρμοδιοτήτων | Πείραμα/ διαδικασία/ τρόπος πήξης ζελέ/εύρεση υλικών και φρούτων | Εύρεση/ ανάλυση/ επεξεργασία πληροφοριών | Τρόπος έκφρασης των φαινομένων/συμπέρασμα |
| B1 | 5 | 7 | 10 | 1 | 1 |
| Γ3 | 4 | 8 | 14 | 0 | 2 |
| Γ6 | 5 | 6 | 10 | 2 | 1 |
| Σύνολο | 14 | 21 | 34 | 3 | 4 |

Οι κωδικοποιήσεις για την ερώτηση: «Αυτό που βρήκα πιο δύσκολο ήταν...» είναι οι εξής:

Τίποτα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που έδειχναν πως δεν υπάρχει κάτι που να τους δυσκόλεψε. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Δεν βρήκα κάτι δύσκολο στη διαδικασία»*
- *«Δε θυμάμαι να με δυσκόλεψε κάτι ιδιαίτερα»*
- *«Τίποτα»*

Δυσκολία επικοινωνίας/ συνεργασίας με όλα τα μέλη της ομάδας/ διαμοιρασμός αρμοδιοτήτων: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την δυσκολία τους στο πλαίσιο της επικοινωνίας και της συνεργασίας στην ομάδα κυρίως στη διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Να συνεννοηθούμε, να οργανωθούμε και να μοιράσουμε τις δουλειές με την ομάδα μου»*
- *«Η επικοινωνία. Να βρούμε μέρα να βρεθούμε και να συνεργαστούμε με όλα αν όχι τα περισσότερα μέλη της ομάδας μου»*
- *«Να μοιράσουμε αρμοδιότητες και να συνεννοηθούμε»*

Πείραμα/ διαδικασία/τρόπος πήξης ζελέ/εύρεση υλικών και φρούτων: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τις δυσκολίες στις ενέργειες που ακολουθήθηκαν στο σπίτι από τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος (παραγωγή ζελέ). Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Να αγοράσω τα φρούτα καθώς δε τα διέθετα στο σπίτι μου»*
- *«Η διαδικασία ήταν λίγο δύσκολη»*
- *«Το πείραμα και η διαδικασία παρασκευής του ζελέ»*

Εύρεση/ ανάλυση/ επεξεργασία πληροφοριών: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν στις ενέργειες που ακολουθήθηκαν στο σπίτι από τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος (παραγωγή ζελέ) σε θεωρητικό πλαίσιο. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Η ανάλυση και η επεξεργασία των πληροφοριών»*
- *«Να βρω έξτρα πληροφορίες για το θέμα»*
- *«Το να γράψουμε τις πληροφορίες»*

Τρόπος έκφρασης των φαινομένων/συμπέρασμα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τη δυσκολία τους στον τρόπο έκφρασης των φαινομένων που παρατήρησαν και στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Να βρω ένα συμπέρασμα από τα πειράματα που έκανα»*
- *«Να βρω ονομασία να ονομάσω το φαινόμενο»*
- *«Η σκέψη διατύπωσης των φαινομένων»*

Όπως βλέπουμε και στον πίνακα 34/75 μαθητές, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό δηλαδή, ανέφεραν ότι τους δυσκόλεψε η πειραματική διαδικασία είτε στον εργαστηριακό χώρο του σχολείου είτε στο σπίτι με την παραγωγή του ζελέ. Το ποσοστό αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς οι μαθητές δεν έχουν συνηθίσει τις πειραματικές διαδικασίες και μάλιστα έπειτα από δύο χρόνια καραντίνας λόγω του κορωνοϊού, έχουν χάσει την επαφή τους με οτιδήποτε θυμίζει εργαστήριο. Ακόμα, έπρεπε να δουλέψουν χωρίς ιδιαίτερη καθοδήγηση από πλευράς εκπαιδευτικού, γεγονός που προσφέρει επιπλέον δυσκολία.

Ένα ακόμα μεγάλο ποσοστό των μαθητών συγκεκριμένα 21/75 τόνισαν πως αυτό που τους δυσκόλεψε ήταν η επικοινωνία και η συνεργασία με όλα τα μέλη της ομάδας, καθώς και ο διαμοιρασμός αρμοδιοτήτων μέσα σε αυτή, επιβεβαιώνοντας και από αυτή την ερώτηση τα ευρήματα από τις προηγούμενες όσον αφορά την ομαδοσυνεργατική μέθοδο. Φαίνεται ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να την εφαρμόσουν καθώς δεν έχουν μάθει να δουλεύουν ομαδικά και η συνεργασία, ειδικά με συμμαθητές τους που δε συναναστρέφονται πολύ, φάνηκε εξαιρετικά δύσκολη. Η μέθοδος αυτή πρωταγωνιστεί στα νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και επομένως οι μαθητές καλούνται να μάθουν να εργάζονται με αυτό τον τρόπο, κάτι το οποίο θα τους βοηθήσει σε όλους τους τομείς της ζωής τους ακόμα και μετά το πέρας του σχολικού πλαισίου.

Επιπλέον, 14/75 μαθητές ανέφεραν πως δεν τους δυσκόλεψε τίποτα. Το γεγονός αυτό είναι ενθαρρυντικό καθώς φάνηκε πως αντιμετώπισαν τη διαδικασία με άνεση και σιγουριά.

Τέλος, 4 μαθητές ανέφεραν πως δυσκολεύτηκαν στον τρόπο έκφρασης των φαινομένων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων, που δείχνει μια έλλειψη στο γνωστικό τομέα, που όμως είναι αναμενόμενο γιατί δε γνωρίζουν το θεωρητικό πλαίσιο αλλά το ανακαλύπτουν. Ακόμη 3 δυσκολεύτηκαν στην εύρεση, ανάλυση και επεξεργασία πληροφοριών για την πραγματοποίηση της εργασίας. Αυτό δείχνει πως λίγοι είναι αυτοί που αντιμετώπισαν δυσκολίες στο θεωρητικό-τεχνικό κομμάτι της διαδικασίας.

Συνεπώς, στην πλειονότητά τους οι μαθητές φαίνεται ότι τους δυσκόλεψε η πειραματική διαδικασία και η ομαδοσυνεργατική μέθοδος. Η καθοδηγούμενη διερεύνηση έχει ως στόχο να ξεπεράσει όλες αυτές τις δυσκολίες και να μυήσει τους μαθητές σε μία νέα αντιμετώπιση της διαδικασίας της μάθησης.

**Πίνακας 5: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση:
«Αυτό που έκανε τη διαδικασία της μάθησης πιο αποτελεσματική ήταν...»**

| Ερώτηση: Αυτό που έκανε τη διαδικασία της μάθησης πιο αποτελεσματική ήταν... | | | | | | | |
|---|----------|---|------------------------------------|----------------------------|---|---|--------------------------|
| Απαντήσεις μαθητών ανά τμήμα και συνολικά (N=75) | | | | | | | |
| | Τίποτα | Αναζήτηση/ εμπέδωση γνώσης από πειραματισμό και έρευνα/ μάθηση στην πράξη | Αναζήτηση γνώσης από μαθητές | Συνεργασία/ ομαδικότητα | Παρουσιάσεις ομάδων/ συμπεράσματα | Διαδίκτυο/ βιντεοκλήση/ πληροφορίες | Παροχές εκπαιδευτικού |
| B1 | 2 | 9 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| Γ3 | 4 | 9 | 0 | 8 | 1 | 4 | 3 |
| Γ6 | 3 | 1 | 2 | 9 | 0 | 4 | 3 |
| Σύνολο | 9 | 19 | 3 | 21 | 2 | 10 | 8 |

Οι κωδικοποιήσεις για την ερώτηση: «Αυτό που έκανε τη διαδικασία της μάθησης πιο αποτελεσματική ήταν...» είναι οι εξής:

Τίποτα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που έδειχναν πως δεν υπάρχει κάτι που να ήθελαν τονίσουν στο πλαίσιο της διαδικασίας της μάθησης. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Δεν ξέρω»
- «ΔΞ/ΔΑ»
- «Τίποτα»

Αναζήτηση/ εμπέδωση γνώσης από πειραματισμό και έρευνα/ μάθηση στην πράξη: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία της διαδικασίας της μάθησης μέσα από την καθοδηγούμενη διερεύνηση και στην διαφορετική ανακάλυψη της γνώσης. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Ότι έμαθα στην πράξη αντί για την θεωρία. Το κατάλαβα επειδή το είδα»
- «Ότι κάναμε μόνοι μας έρευνα και πείραμα και κατάλαβα το πρόβλημα μέσα από αυτό»
- «Ότι το θέμα ήταν κάτι άγνωστο για εμάς και έπρεπε να ψάξουμε και να πειραματιστούμε για να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα»

Αναζήτηση γνώσης από μαθητές: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία της αναζήτησης της γνώσης από τους ίδιους. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Ότι εργαστήκαμε και ασχοληθήκαμε οι ίδιοι οι μαθητές με την επίλυση αυτού του προβλήματος. Έτσι, καταφέραμε να αποκτήσουμε μέσα από την έρευνα νέες γνώσεις»
- «Η μαθητοκεντρική αναζήτηση στοιχείων στην εξήγηση των φαινομένων μέσω του πειράματος»
- «Ότι πειραματίστηκα και έτσι μπόρεσα να το εμπεδώσω μόνος μου σε μεγαλύτερο βαθμό και με περισσότερη σιγουριά»

Συνεργασία/ ομαδικότητα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία της ομαδικότητας και της

συνεργασίας στο πλαίσιο της διαδικασίας της μάθησης. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Που συνεργαστήκαμε και δουλέψαμε ομαδικά»*
- *«Η συνεργασία και η θέληση της ομάδας για δουλειά»*
- *«Το ότι έπρεπε να συνεργαστούμε για να συλλέξουμε στοιχεία. Ο καθένας είχε βρει διαφορετικά στοιχεία οπότε έπρεπε να ψάξουμε λίγο παραπάνω για να βρούμε σαν ομάδα την καλύτερη απάντηση»*

Παρουσιάσεις ομάδων/ συμπεράσματα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία των ενεργειών που ακολουθήθηκαν μέσα στην τάξη από τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος (παραγωγή ζελέ), στη διαδικασία της μάθησης. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Όταν οι ομάδες που συνεργάστηκαν πέτυχαν αυτό που ήθελαν στην παρουσίαση»*
- *«Που είδαμε τις εργασίες όλες των ομάδων και βγάλαμε συμπεράσματα»*

Διαδίκτυο/ βιντεοκλήση/ πληροφορίες: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία του διαδικτύου, κυρίως στην εξ αποστάσεως διαδικασία και στην αναζήτηση πληροφοριών, στη διαδικασία της μάθησης. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Η χρήση διαδικτύου και η σύγκριση συμπερασμάτων»*
- *«Ότι εξερευνήσαμε στο διαδίκτυο χρήσιμες πληροφορίες για τη χημεία»*
- *«Η βιντεοκλήση που κάναμε»*

Παροχές εκπαιδευτικού: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αξία του εκπαιδευτικού, τις σημειώσεις στην η-τάξη, τις εκφωνήσεις, τα πειράματα στο σχολείο, τα φύλλα εργασίας και την ανάθεση εργασίας, στη διαδικασία της μάθησης. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Η καλή συνεννόηση με την φοιτήτρια και την καθηγήτριά μας»*
- *«Που είχαμε κάνει ένα πολύ ωραίο και ενδιαφέρον μάθημα-πείραμα στο εργαστήριο στο σχολείο ομαδικά. Επίσης ήταν πολύ χρήσιμες οι σημειώσεις στην η-τάξη»*

- «Ο πειραματισμός που σε έκανε να αναρωτηθείς γιατί συμβαίνει κάθε φαινόμενο»

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 5, 21/75 μαθητές τόνισαν πως αυτό που έκανε τη διαδικασία της μάθησης πιο αποτελεσματική ήταν η συνεργασία και η ομαδικότητα. Αυτό ως δεδομένο είναι πολύ ενθαρρυντικό, καθώς φαίνεται να αναγνωρίζεται σε ένα μεγάλο βαθμό η αποτελεσματικότητα της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου.

Ένα πολύ ενθαρρυντικό ποσοστό, 19/75 μαθητές, ανέφεραν πως προκειμένου να κατακτήσουν τη γνώση έπρεπε να την αναζητήσουν και να την εμπεδώσουν από πειραματισμό και έρευνα, στην πράξη δηλαδή. Ακόμα 3 μαθητές τόνισαν την αξία της αναζήτησης της γνώσης από τους ίδιους. Αυτό αποτελεί ξεκάθαρη επιτυχία της μεθόδου καθώς βασικός στόχος της καθοδηγούμενης διερεύνησης είναι να αποκτάται η γνώση μέσα από έρευνα.

Ακόμα, 10/75 μαθητές τόνισαν πως στο συγκεκριμένο πλαίσιο που έγινε η εργασία σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της μάθησης έπαιξε το διαδίκτυο, τόσο για την επικοινωνία που τους παρείχε όσο και για τις πληροφορίες που συλλέξανε.

Την απάντηση «τίποτα» έδωσαν 9/75 μαθητές.

Επιπλέον 8/75 μαθητές τόνισαν τη συμβολή των εκπαιδευτικών στην όλη διαδικασία και τα δεδομένα που τους δόθηκαν. Στην καθοδηγούμενη διερεύνηση, ειδικά στο πλαίσιο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, η καθοδήγηση που παρέχει ο εκπαιδευτικός είναι πολύ σημαντική, όπως και τα μέσα που διαθέτει στους μαθητές προκειμένου να ανακαλύψουν τελικά μόνοι τους τη μάθηση.

Δύο μόνο μαθητές θεώρησαν ότι στη διαδικασία της μάθησης συνέβαλαν οι παρουσιάσεις όλων των ομάδων και τα συμπεράσματά τους από αυτές.

Συνεπώς, στην πλειονότητά τους οι μαθητές φαίνεται πως θεώρησαν ότι η διαδικασία της μάθησης έγινε πιο αποτελεσματική από τη συνεργασία και την ομαδικότητα καθώς και η κατάκτηση της γνώσης από πειραματισμό και έρευνα.

**Πίνακας 6: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση:
«Η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησα ήταν...»**

| Ερώτηση: Η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησα ήταν... | | | | | | | | |
|--|---------------|---|--|---|--|--|--|--|
| Απαντήσεις μαθητών ανά τμήμα και συνολικά (N=75) | | | | | | | | |
| | Τίποτα | Να φτιάχνω ζελέ με φρέσκα φρούτα | Γνώσεις (γενικά και για ένζυμα) | Να πειραματίζομαι /να σκέφτομαι διαφορετικούς τρόπους για να βρω κάτι/ επίλυση προβλημάτων | Αναζήτηση/ συλλογή/ οργάνωση/ αξιολόγηση πληροφοριών για παρουσίαση | Σωστός διαμοιρασμός καθηκόντων/ συνεργασία/ ομαδικότητα | Η χημεία είναι στα απλά πράγματα/ δημιουργικότητα | Εύρεση λύσεων χωρίς βοήθεια εκπαιδευτικού |
| B1 | 1 | 4 | 1 | 6 | 3 | 11 | 1 | 1 |
| Γ3 | 2 | 14 | 6 | 0 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| Γ6 | 3 | 6 | 3 | 7 | 3 | 4 | 0 | 0 |
| Σύνολο | 6 | 24 | 10 | 13 | 8 | 18 | 3 | 2 |

Οι κωδικοποιήσεις για την ερώτηση: «Η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησα ήταν...» είναι οι εξής:

Τίποτα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που έδειχναν πως δεν υπάρχει κάποια ικανότητα που να διακρίνουν ότι απέκτησαν. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «*Δε νομίζω να υπήρχε κάτι*»
- «*Δεν απέκτησα κάποια καινούρια ικανότητα*»
- «*Δεν υπάρχει κάποια ικανότητα*»

Να φτιάχνω ζελέ με φρέσκα φρούτα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την ικανότητά τους να παρασκευάζουν ζελέ με φρέσκα φρούτα. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «*Να φτιάχνω ζελέ από φρέσκο ανανά και ακτινίδιο και να πήζει χωρίς τα ένζυμα*»

- «Να μάθω διάφορες διαδικασίες ώστε να καταφέρω να φτιάξω ένα ζελέ»
- «Να σκέφτομαι διάφορους τρόπους και να πειραματίζομαι για να πραγματοποιήσω ένα ζελέ»

Γνώσεις (γενικά και για ένζυμα): Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τις γνώσεις που απέκτησαν μετά το πέρας της συνολικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Να μάθω ορισμένες ιδιότητες των ενζύμων»
- «Το να καταλάβω και να εξηγήω φαινόμενα σχετικά με τα ένζυμα»
- «Οι γνώσεις που απέκτησα από το πείραμα»

Να πειραματίζομαι/ να σκέφτομαι διαφορετικούς τρόπους για να βρω κάτι/ επίλυση προβλημάτων: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την ικανότητά τους να πειραματίζονται και να επιλύουν πιθανά προβλήματα. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Να σκέφτομαι διαφορετικούς τρόπους προκειμένου να πετύχω κάτι»
- «Να πειραματίζομαι με βάση δεδομένα και να διερευνώ για την εύρεση αποτελεσμάτων»
- «Να πειραματίζομαι ώστε να μπορώ να απαντάω σε παρόμοια ερωτήματα»

Αναζήτηση/ συλλογή/ οργάνωση/ αξιολόγηση πληροφοριών για παρουσίαση: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την ικανότητά τους να αναζητούν και να οργανώνουν πληροφορίες για μία παρουσίαση. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- «Να φτιάχνω παρουσιάσεις με εφέ και animation»
- «Να κάνω κατάλληλη έρευνα και να αξιολογώ την κάθε πληροφορία για την παρουσίαση μίας εργασίας»
- «Η οργάνωση και η καταγραφή πληροφοριών και της εργασίας συνολικά»

Σωστός διαμοιρασμός καθηκόντων/ συνεργασία/ ομαδικότητα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την ικανότητά τους να λειτουργούν στο πλαίσιο μιας ομάδας και να συνεργάζονται στο πλαίσιο ενός μαθήματος. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Η ικανότητα να συνεργάζομαι πιο εύκολα και αποτελεσματικά με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας μου»*
- *«Να μάθω να κάνω σωστό διαμοιρασμό καθηκόντων και σωστή αξιοποίηση χρόνου μέσα σε μια ομάδα»*
- *«Η συνεργασία με άτομα που δεν συνεργάζομαι συχνά»*

Η χημεία είναι στα απλά πράγματα/ δημιουργικότητα: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι απαντήσεις των μαθητών που αναγνώρισαν την αξία της χημείας. Οι απαντήσεις αυτές δεν μπορούσαν να ενταχθούν σε μία γενικότερη κατηγορία. Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών αποτελούν:

- *«Η δημιουργικότητα»*
- *«Έμαθα μέσα από καθημερινές ενέργειες (η παραγωγή ζελέ) πως η χημεία βοηθάει ακόμα και σε κάτι τόσο απλό όπως το να φτιάξεις ένα ζελέ»*

Εύρεση λύσεων χωρίς βοήθεια εκπαιδευτικού: : Αυτή η κατηγορία περιέχει την απάντηση δύο μόνο μαθητών που τόνισαν ότι η απέκτησαν την ικανότητα να βρίσκουν μόνοι τους τη λύση ενός προβλήματος χωρίς τη βοήθεια του εκπαιδευτικού. Οι απαντήσεις ήταν:

- *«Να σκέφτομαι και να βρίσκω λύση χωρίς τη βοήθεια καθηγητή»*
- *«Να τα βγάζω πέρα χωρίς έναν καθηγητή να με καθοδηγεί»*

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα 24/75 μαθητές ανέφεραν πως η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησαν είναι να φτιάχνουν ζελέ με φρέσκα φρούτα. Το αποτέλεσμα αυτό το οποίο συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό των απαντήσεων και εκ πρώτης όψης φαίνεται μη αναμενόμενο, μπορεί να εξηγηθεί αν σκεφτούμε ότι οι μαθητές ένιωσαν ικανοί να επιλύσουν οι ίδιοι ένα πρόβλημα που τους δόθηκε και προφανώς αυτό τους οδήγησε σε αίσθημα ικανοποίησης. Μάλιστα ακόμα 3 μαθητές ανέφεραν ξεκάθαρα πως αναγνωρίζουν ότι η χημεία είναι και στα πιο απλά πράγματα και ότι τους προσφέρει μια δημιουργικότητα.

Ακόμα, 18/75 μαθητές τόνισαν πως η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησαν ήταν η συνεργασία με τους συμμαθητές τους και η ομαδικότητα.

Επιπλέον, 13/75 μαθητές θεώρησαν ότι η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησαν ήταν να πειραματίζονται και να σκέφτονται διαφορετικούς τρόπους για να βρουν τη λύση ενός προβλήματος. Αυτό αποτελεί ακόμα μία πολύ θετική έκβαση της εφαρμογής της διερεύνησης.

Επιπρόσθετα 10/75 μαθητές ανέφεραν πως η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησαν από τη διαδικασία ήταν οι γνώσεις είτε για τα ένζυμα είτε γενικά. Η διαφορετική αυτή διαδικασία της μάθησης έχει ως στόχο να αποτελέσει αφορμή για τους μαθητές να μαθαίνουν με έναν διαφορετικό τρόπο, και αυτό αποτυπώνεται σε κάποιες από τις απαντήσεις.

Ακόμα, 8/75 μαθητές φάνηκε πως απέκτησαν την ικανότητα της αναζήτησης, της συλλογής, της οργάνωσης και της αξιολόγησης πληροφοριών για μία παρουσίαση, η οποία αποτελεί μια πραγματικά πολύ χρήσιμη ικανότητα γι' αυτούς.

Την απάντηση «τίποτα» έδωσαν 6/75 μαθητές.

Υπήρξαν 2 μαθητές που ανέφεραν ότι τους άρεσε ότι η διαδικασία πραγματοποιήθηκε χωρίς τη βοήθεια του καθηγητή, το οποίο είναι βασικό μέρος της καθοδηγούμενης διερεύνησης.

Συνεπώς, στην πλειονότητά τους οι μαθητές φαίνεται πως απέκτησαν αρκετές χρήσιμες ικανότητες όπως η συνειδητοποίηση της αξίας της χημείας, ο πειραματισμός στην αναζήτηση της γνώσης καθώς και η συνεργασία μέσα σε μία ομάδα.

Πίνακας 7: Απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και συνολικά στην ερώτηση:
«Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος...»

| Ερώτηση: Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος... | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------------------------------------|---|---|
| Απαντήσεις μαθητών ανά τμήμα και συνολικά (N=75) | | | | | | | |
| | Χρησιμοποίησα πληροφορίες από το διαδίκτυο | Αξιοποίησα τα αποτελέσματα όλων των ομάδων σχετικά με τη δραστηριότητα με το μήλο που έγινε στην τάξη | Συμβουλευτήκα μέλη της οικογένειάς μου | Συζήτησα με τα μέλη της ομάδας μου πριν αρχίσω τα πειράματα | Διάβασα για τα ένζυμα στο διαδίκτυο | Συμβουλευτήκα το σχολικό μου βιβλίο για τα ένζυμα | Σκέφτηκα κάποια παραδείγματα από την καθημερινότητά μου |
| B1 | 19 | 9 | 6 | 14 | 16 | 4 | 14 |
| Γ3 | 17 | 17 | 7 | 23 | 14 | 2 | 7 |
| Γ6 | 16 | 6 | 11 | 14 | 12 | 9 | 9 |
| Σύνολο | 52 | 32 | 24 | 51 | 42 | 15 | 30 |

Η τελευταία ερώτηση ήταν πολλαπλής επιλογής, όπου οι μαθητές μπορούσαν να διαλέξουν όσες από τις επιλογές ήθελαν προκειμένου να γνωστοποιήσουν τους τρόπους που αξιοποίησαν για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος (παραγωγή ζελέ).

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 52/75 μαθητές είπαν ότι χρησιμοποίησαν πληροφορίες από το διαδίκτυο και άλλοι 42/75 ανέφεραν ότι διάβασαν για τα ένζυμα στο διαδίκτυο. Είναι λοιπόν ξεκάθαρα η αξιοποίηση του διαδικτύου από πλευράς μαθητών για τη διεκπεραίωση της εργασίας.

Ως δεύτερη επιλογή οι 51/75 μαθητές φαίνεται ότι συζήτησαν με τα μέλη της ομάδας τους πριν αρχίσουν τα πειράματα, επιβεβαιώνοντας την ανάπτυξη της ικανότητας της συνεργασίας και της ομαδικότητας προκειμένου να πραγματοποιήσουν τη διαδικασία.

Έπειτα, οι 32/75 μαθητές φαίνεται πως αξιοποίησαν τα αποτελέσματα όλων των ομάδων σχετικά με τη δραστηριότητα με το μήλο που έγινε στην τάξη προκειμένου να πραγματοποιήσουν τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος.

Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι σχεδόν οι μισοί μαθητές συσχέτισαν το πείραμα στην τάξη και τα συμπεράσματα που προέκυψαν με τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος στο σπίτι.

Ακόμα, 30/75 μαθητές σκέφτηκαν κάποια παραδείγματα από την καθημερινότητά τους και 24/75 μαθητές φαίνεται ότι συμβουλευτήκαν μέλη της οικογένειάς τους για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας. Αυτό δείχνει αφ' ενός το ενδιαφέρον τους για την άσκηση και αφ' ετέρου τη συσχέτιση της δραστηριότητας με την καθημερινή ζωή.

Τέλος, το μικρότερο ποσοστό και συγκεκριμένα 15/75 μαθητές, είπαν πως συμβουλευτήκαν το σχολικό τους βιβλίο για τα ένζυμα προκειμένου να πραγματοποιήσουν το πείραμα στο σπίτι.

Συνεπώς, η αξία του διαδικτύου και η συνεργασία της ομάδας φαίνεται να έπαιξαν το πιο σημαντικό ρόλο για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας επίλυσης προβλήματος.

4.5. Προτάσεις-Επεκτάσεις

Η διερευνητική προσέγγιση είναι μια διαδικασία με συνεχή εξέλιξη. Αυτό σημαίνει πως μελετώντας μια θεματική ενότητα γενικά φαίνεται πως επιτυγχάνεται η μελέτη ενός συνόλου παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα, στη συγκεκριμένη μελέτη αξιοποιήθηκε η γενική θεματική ενότητα των ενζύμων. Μέσω αυτής μελετήθηκαν, κάποιοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση τους, η καταγραφή αποτελεσμάτων ενός πειράματος, η πραγματοποίηση γραφικών παραστάσεων, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η επίλυση προβλήματος της καθημερινής ζωής. Επομένως μπορεί εκ πρώτης όψεως να φαίνεται η επίτευξη γνωστικών στόχων, όμως στην πραγματικότητα επιτυγχάνεται μια πληθώρα στόχων στο σύνολο των γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών τομέων ταυτόχρονα.

Ένα βασικό κώλυμα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε ήταν ο χρόνος. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης γίνεται σε βάθος χρόνου, ενός εξαμήνου ή ακόμα και ενός έτους. Αυτό συμβαίνει καθώς πρέπει οι μαθητές να μπουούνται σε αυτή τη μέθοδο και να την εξελίσσουν μέρα με τη μέρα. Έτσι, σταδιακά καθίστανται ικανοί να ερευνούν όλα τα θέματα και να χτίζουν σταδιακά τη γνώση τους, επιλύοντας

ό,τι πρόβλημα τους προκύψει. Κάτι τέτοιο, είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθεί σε δύο διδακτικές ώρες που εφαρμόστηκε η μέθοδος αυτή στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Παρ' όλα αυτά τα αποτελέσματα ήταν εξαιρετικά ενθαρρυντικά, καθώς φάνηκε πως οι μαθητές είναι ικανοί να εργαστούν διερευνητικά, να κάνουν υποθέσεις και να βγάζουν συμπεράσματα.

Η διαδικασία επίλυσης προβλήματος, δηλαδή η παραγωγή ζελέ με φρέσκα φρούτα, ιδανικά θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο του σχολείου και όχι στο πλαίσιο του σπιτιού γιατί η ουσία αυτής μπορεί να χαθεί. Όπως είδαμε και από το φύλλο αξιολόγησης σημαντικός αριθμός των μαθητών κατέφυγε στο διαδίκτυο για να βρει λύση στο πρόβλημα, ενώ ιδανικά θα θέλαμε να βασιστούν αποκλειστικά στις παρατηρήσεις τους από το πείραμα στην τάξη.

Μια επέκταση της συγκεκριμένης εργαστηριακής δραστηριότητας σε επίπεδο λυκείου ή πανεπιστημίου θα μπορούσε να ήταν η μελέτη της κινητικής, της ταχύτητας της αντίδρασης. Είναι πολύ σημαντικό να ζητήσουμε από τους μαθητές να βρουν τη δική τους σημασία και συνάφεια σε τέτοιο περιεχόμενο, το οποίο βρίσκεται σε μεγάλο βαθμό στα σχολικά και πανεπιστημιακά εγχειρίδια.

Ακόμα θα μπορούσαν να μελετηθούν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της ενζυμικής αμαύρωσης. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να μελετηθεί η χρήση ασκορβικού οξέος (δέσμευση χαλκού), ο αποκλεισμός οξυγόνου με ποικίλους τρόπους, τα διαφορετικά στάδια ωρίμανσης και η ποικιλία του μήλου.

4.6. Συμπεράσματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 3, τα ερευνητικά ερωτήματα που καθοδήγησαν την εργασία μας ήταν:

1. «Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η διαδικασία της καθοδηγούμενης διερεύνησης σε εργαστηριακές ασκήσεις στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση» και
2. «Πώς αντιμετωπίζουν οι μαθητές την εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων τύπου διερεύνησης;».

Συνοψίζοντας, όσον αφορά στο **πρώτο ερευνητικό ερώτημα**, η διαδικασία που ακολουθήθηκε ώστε να αξιοποιηθεί η διαδικασία της καθοδηγούμενης διερεύνησης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση ήταν:

- Εύρεση κατάλληλης θεματικής ενότητας: Εστιάσαμε στη μελέτη ενός θέματος με το οποίο οι μαθητές να είναι εξοικειωμένοι από την καθημερινή ζωή τους χωρίς όμως να το έχουν διδαχθεί στο σχολείο.¹ Έτσι, επιλέξαμε την ενότητα των ενζύμων.
- Αναζήτηση κατάλληλων ενζυμικών αντιδράσεων: Από τις ενζυμικές αντιδράσεις τις οποίες συναντούν οι μαθητές στην καθημερινή τους ζωή επιλέχθηκε η ενζυμική αμαύρωση των μήλων καθώς τα οπτικά αποτελέσματά της είναι άμεσα εμφανή ώστε να μπορούν να εξαχθούν οι παρατηρήσεις στο στενό χρονικό περιθώριο της μιας ώρας.
- Μελέτη παραγόντων που επιδρούν στη δράση των ενζύμων: Μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας, του ξυδιού και του αλκοολούχου ποτού.
- Καταγραφή αποτελεσμάτων σε πίνακες: Ζητήθηκε από τους μαθητές να καταγράψουν σε πίνακες τις παρατηρήσεις τους²³ από την αλλαγή στην εμφάνιση του μήλου σε σχέση με τον χρόνο μετά την επίδραση του εκάστοτε παράγοντα.
- Κατασκευή γραφικών παραστάσεων: Ζητήθηκε η αξιοποίηση ενός μέρους του πίνακα αποτελεσμάτων για την κατασκευή γραφικής παράστασης.²³
- Πληροφορίες για τη δράση των ενζύμων: Δόθηκαν σύντομες πληροφορίες για τα ένζυμα ώστε να μπορούν οι μαθητές να συσχετίσουν το φαινόμενο που μελέτησαν με τη δράση των ενζύμων.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων: Ζητήθηκε οι μαθητές να εξαγάγουν το δικό τους συμπέρασμα όσον αφορά στην επίδραση του εκάστοτε παράγοντα στην ενζυμική αμαύρωση των μήλων.
- Επίλυση προβλήματος της καθημερινής ζωής: Ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλύσουν ένα πρόβλημα καθημερινής ζωής το οποίο οφείλεται στην δράση ενζύμων για τη λύση του οποίου θα έπρεπε να αξιοποιήσουν τους πειραματισμούς που εφάρμοσαν στην τάξη κατά τη μελέτη της ενζυμικής αμαύρωσης των μήλων.⁴

- Παρουσίαση στην τάξη: Οι μαθητές παρουσίασαν τις προσπάθειές τους και τα αποτελέσματά τους στην τάξη.²³

Όσον αφορά στο **δεύτερο ερευνητικό ερώτημα**, προκειμένου να διερευνηθεί πώς αντιμετωπίζουν οι μαθητές της ασκήσεις διερεύνησης, η ανάλυση των απαντήσεών τους στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησής τους ως προς τον συναισθηματικό τομέα οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ως προς την ομαδοσυνεργατική μέθοδο: Οι μαθητές αναγνώρισαν τα οφέλη της συνεργασίας αλλά και τις δυσκολίες που συχνά παρουσιάζονται.^{2,18}
- Πειραματισμός: Αν και η διαδικασία του πειραματισμού ήταν αυτή που τους δυσκόλεψε περισσότερο ήταν ταυτόχρονα και αυτό που τους άρεσε περισσότερο.
- Χρήσιμη ικανότητα: Η επίλυση του προβλήματος καθημερινής ζωής ήταν για τους περισσότερους μαθητές η πιο χρήσιμη ικανότητα που απέκτησαν.

Εν κατακλείδι, σε μια εποχή που η διερεύνηση δεσπόζει στα νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών, η εφαρμογή της πειραματικής διερευνητικής μεθόδου στους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, φάνηκε να έχει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Επιπλέον λαμβάνοντας υπ' όψιν την εφαρμογή της στα προγράμματα σπουδών άλλων χωρών η εμπλοκή των μαθητών με τη διαδικασία της διερεύνησης πρέπει να γίνεται σταδιακά με συγκεκριμένους στόχους ανά ηλικιακή ομάδα. Στη συγκεκριμένη μελέτη η εφαρμογή περιορίστηκε σε 2 μόνο διδακτικές ώρες σε μαθητές χωρίς εμπειρία και γι' αυτό θεωρούμε ότι εφαρμογή της σε ένα άλλο πλαίσιο συμβατό με τη μεθοδολογία της διερεύνησης θα προσέδιδε μεγαλύτερα οφέλη στους μαθητές.

*Introducing inquiry-type experiments into the chemistry laboratory was a
'breath of fresh air' in the way chemistry is taught and learned*

Avi Hofstein

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Πίνακας 8: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων

| Ξενόγλωσσος όρος | Ελληνικός Όρος |
|-------------------------|---|
| Inquiry-based learning | Μέθοδος διδασκαλίας με βάση τη διερεύνηση |
| pre-inquiry phase | Προ-διερευνητική φάση |
| inquiry phase | διερευνητική φάση |
| Open inquiry | Ανοιχτή διερεύνηση |
| Guided inquiry | Καθοδηγούμενη διερεύνηση |
| Argument-Driven Inquiry | Διερεύνηση βασισμένη στα επιχειρήματα |
| Problem based inquiry | Διερεύνηση επίλυσης προβλήματος |
| Structured inquiry | Δομημένη διερεύνηση |
| hot report | Γραπτή έκθεση μαθητών |
| Polyphenol Oxidase-PPO | Οξειδάση της πολυφαινόλης |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

- ❖ Φύλλο εργασίας 1 (μελέτη επίδρασης θερμοκρασίας)
- ❖ Φύλλο εργασίας 2 (μελέτη επίδρασης αλκοολούχου ποτού)
- ❖ Φύλλο εργασίας 3 (μελέτη επίδρασης ξυδιού)
- ❖ Φύλλο οδηγιών καθηγητή

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

Όνοματεπώνυμο μαθητών:

1).....

2).....

3).....

4).....

Τάξη/Τμήμα:.....

Ομάδα:

Φρούτο: **Μήλο**

1) Δραστηριότητα Α: Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις



1^η ερώτηση: Τι παρατηρείτε στην εμφάνιση του μήλου συγκρίνοντας τις δύο εικόνες;

2^η ερώτηση: Πού νομίζετε ότι οφείλεται το φαινόμενο που παρατηρείτε;

3^η ερώτηση: Πώς θα ονομάζατε το φαινόμενο;

4^η ερώτηση: Με ποιον τρόπο νομίζετε ότι θα μπορούσατε να καθυστερήσετε ή και να εμποδίσετε την εμφάνιση αυτού του φαινομένου;



2) Δραστηριότητα Β: Πείραμα

Ο διδάσκοντας διαθέτει τα μήλα που θα χρειαστείτε για την πραγματοποίηση του πειράματος. Ακόμη διαθέτετε τα εξής υλικά:

- Ποτήρι με 100 mL παγόνερο (0°C) (Α)
- Ποτήρι με 100 mL νερό σε θερμοκρασία δωματίου (25°C) (Β)
- Ποτήρι με 100 mL ζεστό νερό (70°C) (Γ)
- Ποτήρι ζέσεως με 100 mL νερό που βράζει (100°C) (Δ)
- Γκαζάκι
- 4 Πιάτα
- Λαβίδες
- Χρονόμετρο-ρολόι
- Θερμόμετρο

Διαδικασία:

Ο καθηγητής τεμαχίζει το φρούτο σε ισομεγέθη τμήματα. Όσο ο καθηγητής τεμαχίζει τα φρούτα, διαβάστε τις οδηγίες που ακολουθούν (1-5) και σκεφτείτε τον **ρόλο** που θα έχει κάθε μέλος της ομάδας.

1. Μετρήστε τη θερμοκρασία σε κάθε ένα από τα τέσσερα ποτήρια, ώστε να σιγουρευτείτε ότι είναι οι επιθυμητές (0°C, 25°C, 70°C, 100°C, αντίστοιχα)
2. Τοποθετήστε ένα κομμάτι φρούτου σε κάθε ποτήρι με τη χρήση λαβίδας και ένα κομμάτι φρούτου.
3. Αφήστε τα φρούτα στα ποτήρια για 5 λεπτά
4. Αφαιρέστε τα φρούτα από τα ποτήρια και τοποθετήστε τα στα αντίστοιχα πιάτα που βρίσκονται μπροστά τους
5. Καταγράψτε στον ακόλουθο πίνακα τις **παρατηρήσεις** σας, όσον αφορά στην εμφάνιση του μήλου, σε χρόνους 5, 10 και 20 λεπτών

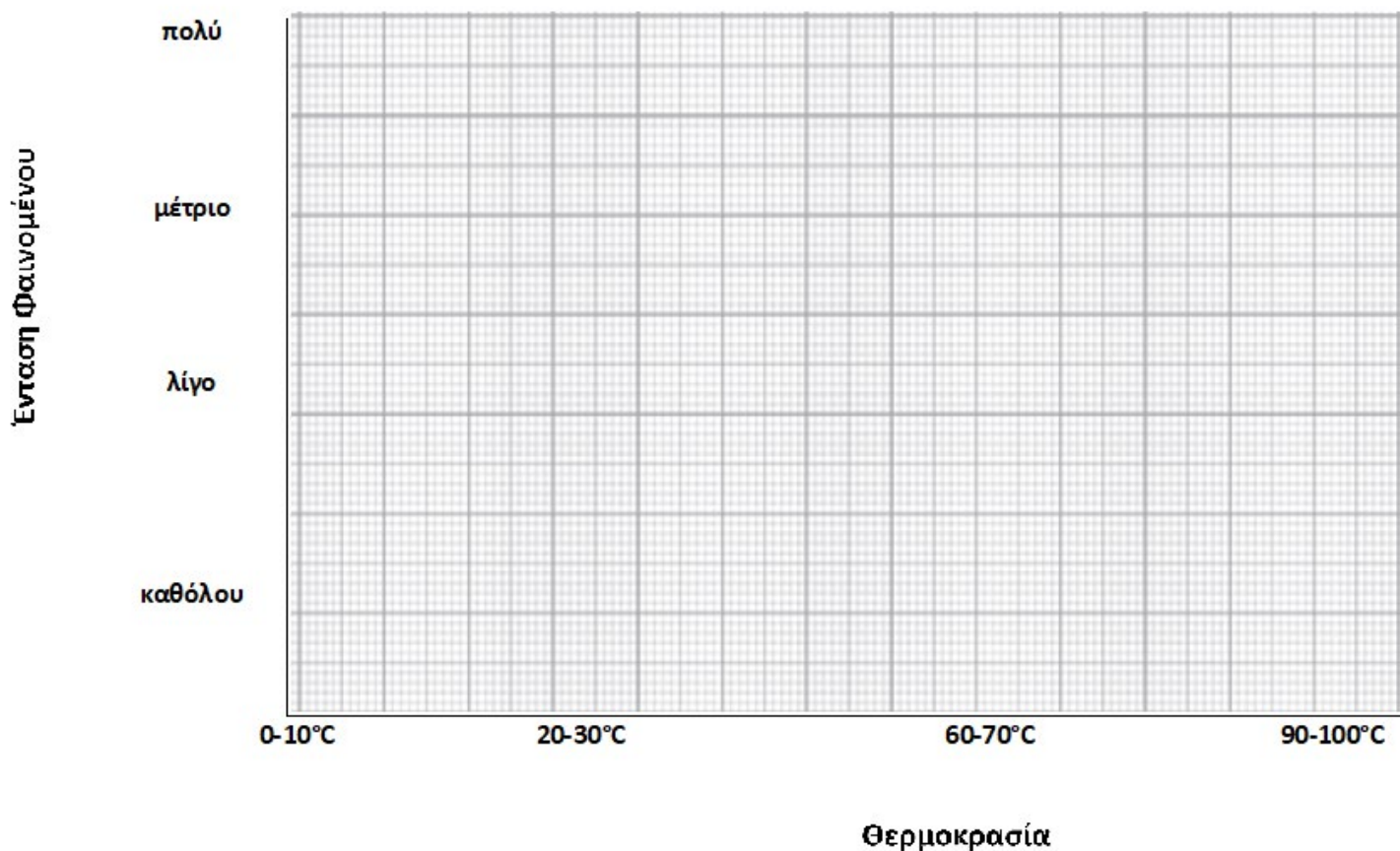
Πίνακας 1: Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας στον πίνακα.

| | Παρατήρηση μετά από 5 min | Παρατήρηση μετά από 10 min | Παρατήρηση μετά από 20 min |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Μήλο | Μήλο | Μήλο |
| 0-10°C | | | |
| 20-30°C | | | |
| 60-70°C | | | |
| 90-100°C | | | |

3) Δραστηριότητα Γ: Αποτυπώστε τα δεδομένα του πίνακα με τη μορφή διαγράμματος.

Φτιάξτε μία γραφική παράσταση που να δείχνει τη σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας (άξονας χ) και της έντασης του μαυρίσματος (άξονας y) σύμφωνα με τα όσα παρατηρήσατε **μετά από χρόνο 20 min** και καταγράψατε στον προηγούμενο πίνακα.

**Γραφική Παράσταση
Μήλο-Θερμοκρασία**



ENZYMA

Ως ένζυμο ορίζουμε ειδικές πρωτεΐνες οι οποίες καταλύουν χημικές αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς. Η αλλαγή στην εμφάνιση των μήλων οφείλεται στη δράση ενζύμων τα οποία χρησιμοποιούν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και μετατρέπουν χημικές ουσίες των φρούτων σε έγχρωμες ενώσεις. Η δράση των ενζύμων εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες. Εάν το ένζυμο αδρανοποιηθεί (δηλ. χάσει τη λειτουργικότητά του), το φρούτο δε θα αποκτήσει αυτό το χαρακτηριστικό «μαύρισμα».

5^η ερώτηση: Τι συμπεραίνετε για την επίδραση της θερμοκρασίας στο φαινόμενο που μελετάμε; Αναπτύξτε τα συμπεράσματά σας στηριζόμενοι στα πειραματικά σας δεδομένα και στις πληροφορίες της προηγούμενης παραγράφου.

Στο e-class θα ανέβουν οι γραφικές παραστάσεις όλων των ομάδων οι οποίες μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας, του ξυδιού και του ποτού στην εμφάνιση του κομμένου μήλου. Με βάση την πειραματική σας διαδικασία και τα συμπεράσματά σας καθώς και των συμμαθητών σας, καλείστε να επιλύσετε το παρακάτω πρόβλημα. Για την ακόλουθη διαδικασία θα πραγματοποιηθεί ανακατανομή των μελών των ομάδων από τον καθηγητή.

4) Δραστηριότητα Δ: Επίλυση προβλήματος

Θεωρείστε πως είστε μάγειρες στο διάσημο εστιατόριο: «Τα φρέσκα εξωτικά φρούτα» και ο σεφ σας ζητάει να παρασκευάσετε ένα επιδόρπιο με λιγότερες θερμίδες για όσους προσέχουν τη...σιλουέτα τους. Επιθυμεί να φτιάξετε λοιπόν ένα ζελέ, με μια μικρή παραλλαγή που θα ταιριάζει στο φημισμένο εστιατόριό του. Πιο συγκεκριμένα, θέλει το ζελέ να περιέχει μέσα **φρέσκο ανανά ή φρέσκο ακτινίδιο**. Οι οδηγίες παρασκευής ενός απλού ζελέ γράφουν ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα δύο φρούτα όταν είναι φρέσκα επειδή περιέχουν δύο ένζυμα τη βρωμελαΐνη και την ακτινιδίνη αντίστοιχα, τα οποία εμποδίζουν το ζελέ να πήξει. Σκεφτείτε τρόπους που μπορεί να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο και πειραματιστείτε στο σπίτι.

Οι ατομικοί ή ομαδικοί σας πειραματισμοί πρέπει να συζητηθούν στο πλαίσιο της ομάδας που έχει ορίσει ο εκπαιδευτικός, και να κάνετε μια **κοινή παρουσίαση** που θα αποδεικνύει αν ένα τέτοιο ζελέ μπορεί να πραγματοποιηθεί ή όχι, με την αξιοποίηση **φωτογραφιών** των δικών σας πειραμάτων και προσπαθειών. Η παρουσίαση μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε τρόπο μέσα στην τάξη, εντός **5 λεπτών**.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2

Όνοματεπώνυμο μαθητών:

1).....

2).....

3).....

4).....

Τάξη/Τμήμα:.....

Ομάδα:

Φρούτο: **Μήλο**

1) Δραστηριότητα Α: Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις



1^η ερώτηση: Τι παρατηρείτε στην εμφάνιση του μήλου συγκρίνοντας τις δύο εικόνες;

.....

2^η ερώτηση: Πού νομίζετε ότι οφείλεται το φαινόμενο που παρατηρείτε;

.....

3^η ερώτηση: Πώς θα ονομάζατε το φαινόμενο;

.....

4^η ερώτηση: Με ποιον τρόπο νομίζετε ότι θα μπορούσατε να καθυστερήσετε ή και να εμποδίσετε την εμφάνιση αυτού του φαινομένου;

.....

.....



2) Δραστηριότητα Β: Πείραμα

Ο διδάσκοντας διαθέτει τα μήλα που θα χρειαστείτε για την πραγματοποίηση του πειράματος. Ακόμη διαθέτετε τα εξής υλικά:

- Ποτό ρούμι 37.5% v/v
- Νερό
- 4 Ποτήρια
- 4 Πιάτα
- Λαβίδες
- Σύριγγα
- Χρονόμετρο-ρολόι

Διαδικασία:

Ο καθηγητής τεμαχίζει το φρούτο σε ισομεγέθη τμήματα. Όσο ο καθηγητής τεμαχίζει τα φρούτα, διαβάστε τις οδηγίες που ακολουθούν (1-5) και σκεφτείτε τον ρόλο που θα έχει κάθε μέλος της ομάδας.

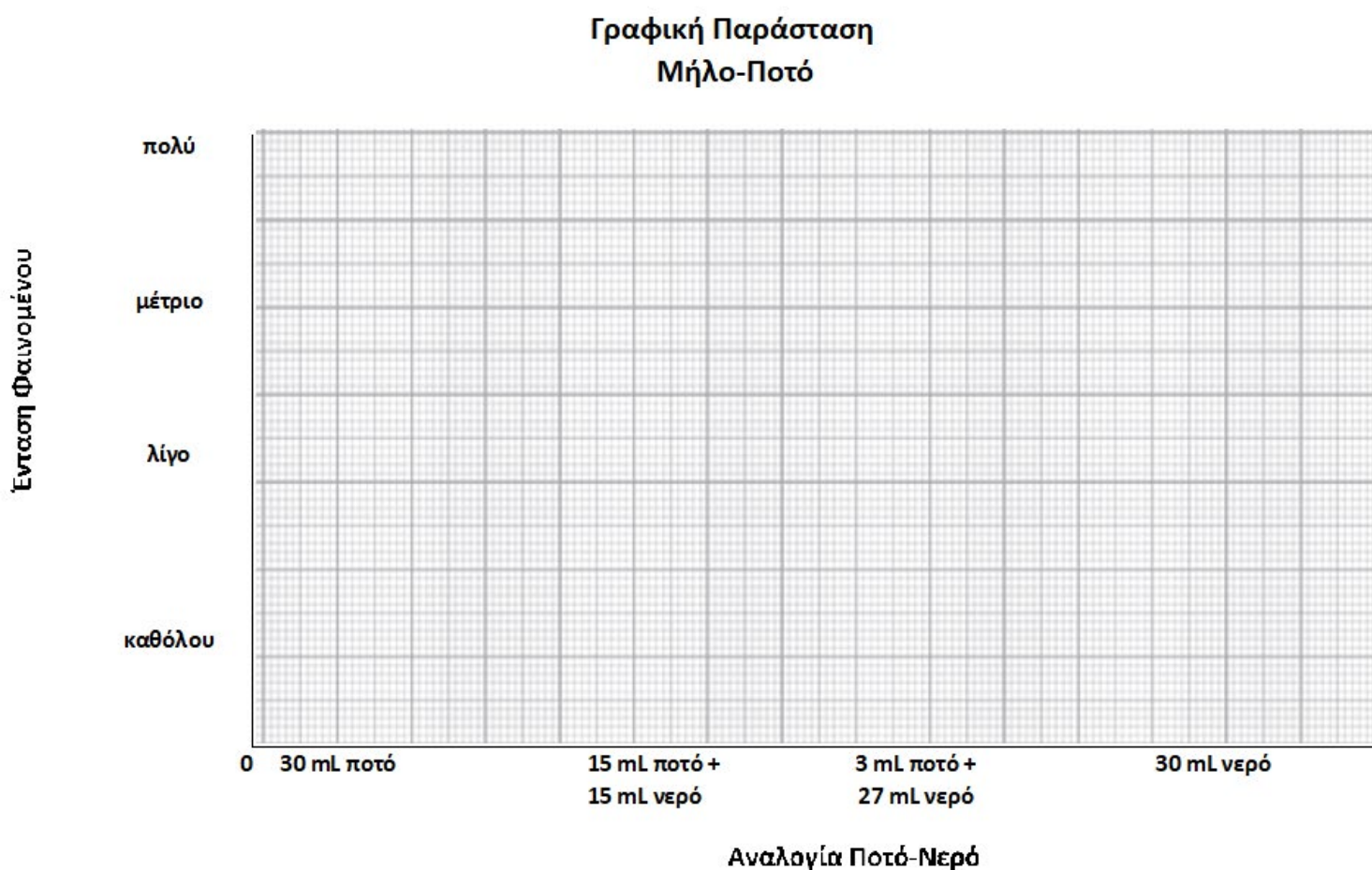
1. Τοποθετήστε σε καθένα από τα 4 ποτήρια (Α, Β, Γ και Δ) που έχετε μπροστά σας:
 - ✓ 30 mL ρούμι, στο ποτήρι Α
 - ✓ 15 mL ρούμι και 15 mL νερό, στο ποτήρι Β
 - ✓ 3 mL ρούμι και 27 mL νερό, στο ποτήρι Γ
 - ✓ 30 mL νερό, στο ποτήρι Δ
2. Τοποθετήστε ένα κομμάτι φρούτου σε κάθε ένα ποτήρι με τη χρήση λαβίδας
3. Αφήστε το για 5 λεπτά
4. Αφαιρέστε το φρούτο από το ποτήρι και ακουμπήστε το στο αντίστοιχο πιάτο που βρίσκεται μπροστά
5. Καταγράψτε στον ακόλουθο πίνακα τις παρατηρήσεις σας, όσον αφορά στην εμφάνιση του μήλου του μετά από χρόνο 5, 10 και 20 λεπτών

Πίνακας 1: Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας στον πίνακα.

| | Παρατήρηση μετά από 5 min | Παρατήρηση μετά από 10 min | Παρατήρηση μετά από 20 min |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Μήλο | Μήλο | Μήλο |
| 30 mL ρούμι | | | |
| 15 mL ρούμι + 15 mL νερό | | | |
| 3 mL ρούμι + 27 mL νερό | | | |
| 30 mL νερό | | | |

3) Δραστηριότητα Γ: Αποτυπώστε τα δεδομένα του πίνακα με τη μορφή διαγράμματος.

Φτιάξτε μία γραφική παράσταση που να δείχνει τη σχέση μεταξύ της αναλογίας ποτού-νερού (άξονας x) και της έντασης μαυρίσματος (άξονας y), σύμφωνα με τα όσα παρατηρήσατε **μετά από χρόνο 20 min** και καταγράψατε στον προηγούμενο πίνακα.



ENZYMA

Ως ένζυμο ορίζουμε ειδικές πρωτεΐνες οι οποίες καταλύουν χημικές αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς. Η αλλαγή στην εμφάνιση των μήλων οφείλεται στη δράση ενζύμων τα οποία χρησιμοποιούν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και μετατρέπουν χημικές ουσίες των φρούτων σε έγχρωμες ενώσεις. Η δράση των ενζύμων εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες. Εάν το ένζυμο αδρανοποιηθεί (δηλ. χάσει τη λειτουργικότητά του), το φρούτο δε θα αποκτήσει αυτό το χαρακτηριστικό «μαύρισμα».

5^η ερώτηση: Τι συμπεραίνετε για την επίδραση του αλκοολούχου ποτού στο φαινόμενο που μελετάμε; Αναπτύξτε τα συμπεράσματά σας στηριζόμενοι στα πειραματικά σας δεδομένα και στις πληροφορίες της προηγούμενης παραγράφου.

Στο e-class θα ανέβουν οι γραφικές παραστάσεις όλων των ομάδων οι οποίες μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας, του ξυδιού και του ποτού στο μήλο. Με βάση την πειραματική σας διαδικασία και τα συμπεράσματά σας καθώς και των συμμαθητών σας, καλείστε να επιλύσετε το παρακάτω πρόβλημα. Για την ακόλουθη διαδικασία θα πραγματοποιηθεί ανακατανομή των μελών των ομάδων, από τον καθηγητή.

4) Δραστηριότητα Δ: Επίλυση προβλήματος

Θεωρείστε πως είστε μάγειρες στο διάσημο εστιατόριο: «Τα φρέσκα εξωτικά φρούτα» και ο σεφ σας ζητάει να παρασκευάσετε ένα επιδόρπιο με λιγότερες θερμίδες για όσους προσέχουν τη...σιλουέτα τους. Επιθυμεί να φτιάξετε λοιπόν ένα ζελέ, με μια μικρή παραλλαγή που θα ταιριάζει στο φημισμένο εστιατόριό του. Πιο συγκεκριμένα, θέλει το ζελέ να περιέχει μέσα **φρέσκο ανανά ή φρέσκο ακτινίδιο**. Οι οδηγίες παρασκευής ενός απλού ζελέ γράφουν ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα δύο φρούτα όταν είναι φρέσκα επειδή περιέχουν δύο ένζυμα τη βρωμελαΐνη και την ακτινιδίνη αντίστοιχα, τα οποία εμποδίζουν το ζελέ να πήξει. Σκεφτείτε τρόπους που μπορεί να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο και πειραματιστείτε στο σπίτι.

Οι ατομικοί ή ομαδικοί σας πειραματισμοί πρέπει να συζητηθούν στο πλαίσιο της ομάδας που έχει ορίσει ο εκπαιδευτικός, και να κάνετε μια **κοινή παρουσίαση** που θα αποδεικνύει αν ένα τέτοιο ζελέ μπορεί να πραγματοποιηθεί ή όχι, με την αξιοποίηση **φωτογραφιών** των δικών σας πειραμάτων και προσπαθειών. Η παρουσίαση μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε τρόπο μέσα στην τάξη, εντός **5 λεπτών**.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 3

Όνοματεπώνυμο μαθητών:

1).....

2).....

3).....

4).....

Τάξη/Τμήμα:.....

Ομάδα:

Φρούτο: **Μήλο**

1) Δραστηριότητα Α: Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις



1^η ερώτηση: Τι παρατηρείτε στην εμφάνιση του μήλου συγκρίνοντας τις δύο εικόνες;

.....

.....

2^η ερώτηση: Πού νομίζετε ότι οφείλεται το φαινόμενο που παρατηρείτε;

.....

.....

3^η ερώτηση: Πώς θα ονομάζατε το φαινόμενο;

.....

.....

4^η ερώτηση: Με ποιον τρόπο νομίζετε ότι θα μπορούσατε να καθυστερήσετε ή και να εμποδίσετε την εμφάνιση αυτού του φαινομένου;

.....

.....

2) Δραστηριότητα Β: Πείραμα

Ο διδάσκοντας διαθέτει τα μήλα που θα χρειαστείτε για την πραγματοποίηση του πειράματος. Ακόμη διαθέτετε τα εξής υλικά:

- Ξύδι
- Νερό
- 4 Ποτήρια
- 4 Πιάτα
- Λαβίδες
- Σύριγγα
- Χρονόμετρο-ρολόι

Διαδικασία:

Ο καθηγητής τεμαχίζει το φρούτο σε ισομεγέθη τμήματα. Όσο ο καθηγητής τεμαχίζει τα φρούτα, διαβάστε τις οδηγίες που ακολουθούν (1-5) και σκεφτείτε τον ρόλο που θα έχει κάθε μέλος της ομάδας.

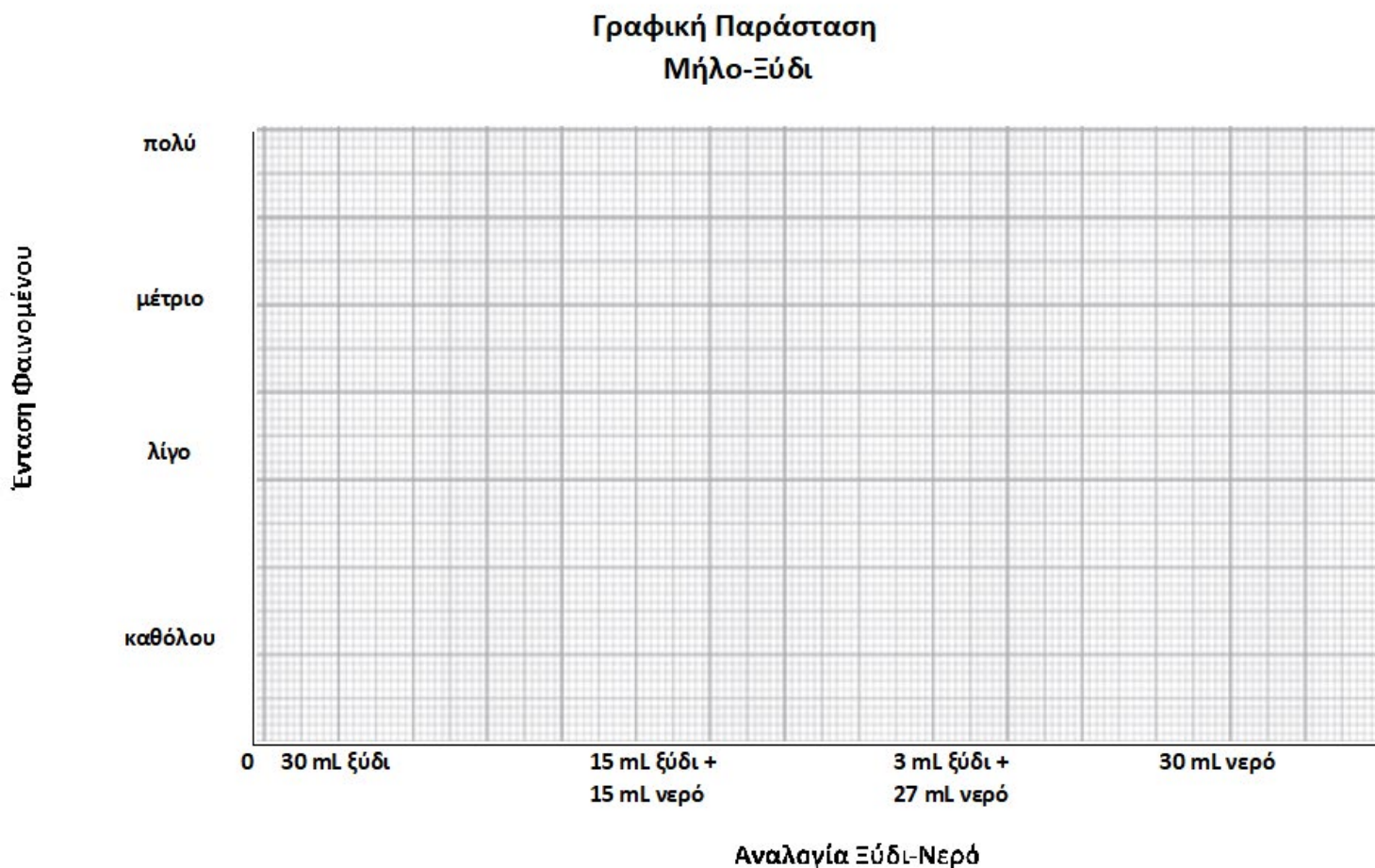
1. Τοποθετήστε σε καθένα από τα 4 ποτήρια (Α, Β, Γ και Δ) που έχετε μπροστά σας:
 - ✓ 30 mL ξύδι, στο ποτήρι Α
 - ✓ 15 mL ξύδι και 15 mL νερό, στο ποτήρι Β
 - ✓ 3 mL ξύδι και 27 mL νερό, στο ποτήρι Γ
 - ✓ 30 mL νερό, στο ποτήρι Δ
2. Τοποθετήστε ένα κομμάτι φρούτου σε κάθε ένα ποτήρι με τη χρήση λαβίδας
3. Αφήστε το για 5 λεπτά
4. Αφαιρέστε το φρούτο από το ποτήρι και ακουμπήστε το στο αντίστοιχο πιάτο που βρίσκεται μπροστά
5. Καταγράψτε στον ακόλουθο πίνακα τις παρατηρήσεις σας, όσον αφορά στην εμφάνιση του μήλου, σε χρόνους 5, 10 και 20 λεπτών

Πίνακας 1: Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας στον πίνακα.

| | Παρατήρηση μετά από 5 min | Παρατήρηση μετά από 10 min | Παρατήρηση μετά από 20 min |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Μήλο | Μήλο | Μήλο |
| 30 mL ξύδι | | | |
| 15 mL ξύδι + 15 mL νερό | | | |
| 3 mL ξύδι + 27 mL νερό | | | |
| 30 mL νερό | | | |

3) Δραστηριότητα Γ: Αποτυπώστε τα δεδομένα του πίνακα με τη μορφή διαγράμματος.

Φτιάξτε μία γραφική παράσταση που να δείχνει τη σχέση μεταξύ της αναλογίας ξυδιού-νερού (άξονας χ) και έντασης μαυρίσματος (άξονας y) σύμφωνα με τα όσα παρατηρήσατε **μετά από χρόνο 20 min** και καταγράψατε στον προηγούμενο πίνακα.



ENZYMA

Ως ένζυμο ορίζουμε ειδικές πρωτεΐνες οι οποίες καταλύουν χημικές αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς. Η αλλαγή στην εμφάνιση των μήλων οφείλεται στη δράση ενζύμων τα οποία χρησιμοποιούν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και μετατρέπουν χημικές ουσίες των φρούτων σε έγχρωμες ενώσεις. Η δράση των ενζύμων εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες. Εάν το ένζυμο αδρανοποιηθεί (δηλ. χάσει τη λειτουργικότητά του), το φρούτο δε θα αποκτήσει αυτό το χαρακτηριστικό «μαύρισμα».

5^η ερώτηση: Τι συμπεραίνετε για την επίδραση του ξυδιού στο φαινόμενο που μελετάμε; Αναπτύξτε τα συμπεράσματά σας στηριζόμενοι στα πειραματικά σας δεδομένα και στις πληροφορίες της προηγούμενης παραγράφου.

Στο e-class θα ανέβουν οι γραφικές παραστάσεις όλων των ομάδων οι οποίες μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας, του ξυδιού και του ποτού στην εμφάνιση του κομμένου μήλου. Με βάση την πειραματική σας διαδικασία και τα συμπεράσματά σας καθώς και των συμμαθητών σας, καλείστε να επιλύσετε το παρακάτω πρόβλημα. Για την ακόλουθη διαδικασία θα πραγματοποιηθεί ανακατανομή των μελών των ομάδων από τον καθηγητή.

4) Δραστηριότητα Δ: Επίλυση προβλήματος

Θεωρείστε πως είστε μάγειρες στο διάσημο εστιατόριο: «Τα φρέσκα εξωτικά φρούτα» και ο σεφ σας ζητάει να παρασκευάσετε ένα επιδόρπιο με λιγότερες θερμίδες για όσους προσέχουν τη...σιλουέτα τους. Επιθυμεί να φτιάξετε λοιπόν ένα ζελέ, με μια μικρή παραλλαγή που θα ταιριάζει στο φημισμένο εστιατόριό του. Πιο συγκεκριμένα, θέλει το ζελέ να περιέχει μέσα **φρέσκο ανανά ή φρέσκο ακτινίδιο**. Οι οδηγίες παρασκευής ενός απλού ζελέ γράφουν ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα δύο φρούτα όταν είναι φρέσκα επειδή περιέχουν δύο ένζυμα τη βρωμελαΐνη και την ακτινιδίνη αντίστοιχα, τα οποία εμποδίζουν το ζελέ να πήξει. Σκεφτείτε τρόπους που μπορεί να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο και πειραματιστείτε στο σπίτι.

Οι ατομικοί ή ομαδικοί σας πειραματισμοί πρέπει να συζητηθούν στο πλαίσιο της ομάδας που έχει ορίσει ο εκπαιδευτικός, και να κάνετε μια **κοινή παρουσίαση** που θα αποδεικνύει αν ένα τέτοιο ζελέ μπορεί να πραγματοποιηθεί ή όχι, με την αξιοποίηση φωτογραφιών των δικών σας πειραμάτων και προσπαθειών. Η παρουσίαση μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε τρόπο μέσα στην τάξη, εντός **5 λεπτών**.

ΦΥΛΛΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Ενότητα: Ένζυμα

Δραστηριότητα: Ενζυμική Αμαύρωση φρούτων



Τύπος μαθήματος: Εργαστηριακή δραστηριότητα εντός τάξης-ομάδες 4 ατόμων

Κεντρική ιδέα: Οι μαθητές συναντούν συχνά στην καθημερινή ζωή στοιχεία που απεικονίζουν τη δράση των ενζύμων, η οποία όμως είναι αρκετά πολύπλοκη. Τα πειράματα με βάση τα ένζυμα εισάγουν τους μαθητές στην δράση τους σε απλούστερο, πρακτικό επίπεδο, συνδέοντας τους με τη χημεία της καθημερινής τους ζωής.

Η δραστηριότητα που θα δοθεί στους μαθητές έχει ως σκοπό τη διαπίστωση πως η χημεία αποτελεί βασικό στοιχείο της καθημερινότητας και η επίλυση προβλημάτων αποτελεί αποτέλεσμα πειραματισμού και σκέψης. Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα οι μαθητές θα μελετήσουν τρεις παράγοντες:

- Θερμοκρασία
- Επίδραση όξινου διαλύματος (ξυδιού)
- Επίδραση αλκοολούχου ποτού

και θα παρατηρήσουν αν και πώς αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την εμφάνιση του κομμένου μήλου. Η ενζυμική αμαύρωση που προκύπτει κατά τον τεμαχισμό των μήλων οφείλεται σε ένζυμα γνωστά ως οξειδάσες της πολυφαινόλης που περιέχουν χαλκό και τα οποία επιδρούν σε φαινολικές ενώσεις του φρούτου. Για τη δράση τους είναι απαραίτητο το οξυγόνο. Αδρανοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ το βέλτιστο pH δράσης για τις περισσότερες πολυφαινολάσες είναι μεταξύ 4 και 7.

Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν στο σπίτι τους, δουλεύοντας ομαδικά, ένα πρόβλημα καθημερινής ζωής και να παρουσιάσουν στην τάξη τα αποτελέσματά τους.

Στόχοι: Οι μαθητές μετά το πέρας του μαθήματος θα είναι ικανοί να:

1. Παρατηρούν ένα φαινόμενο
2. Εργάζονται ομαδικά και διερευνητικά
3. Καταγράφουν πειραματικά δεδομένα
4. Επεξεργάζονται πειραματικά δεδομένα
5. Αποτυπώνουν τα πειραματικά τους αποτελέσματα σε γραφικές παραστάσεις, εξάγοντας παράλληλα συμπεράσματα
6. Αναγνωρίζουν την επίδραση της θερμοκρασίας, της αλκοόλης και των οξέων στη δράση των ενζύμων

7. Επιλύουν προβλήματα που προκύπτουν τόσο στην επιστήμη όσο και στην καθημερινή ζωή

Επισημάνσεις:

1. Το συγκεκριμένο πείραμα βασίζεται στην καθοδηγούμενη διερεύνηση και συνεπώς είναι σημαντικό ο καθηγητής να αποφεύγει τις πολλές παρεμβάσεις, αφήνοντας τους μαθητές να λάβουν πρωτοβουλίες και να εξάγουν μόνοι τους τα συμπεράσματα, δρώντας ως επιστήμονες. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι δεν υπάρχει ένα μόνο σωστό συμπέρασμα στη μελέτη ενός φαινομένου, παρακινώντας τους μαθητές να δράσουν όσο το δυνατόν πιο ελεύθερα.
2. Το μήλο αμαυρώνεται γρήγορα από τη στιγμή που θα κοπεί, επομένως θα τεμαχιστεί από τον καθηγητή **μόλις** οι μαθητές είναι έτοιμοι να ξεκινήσουν τη διαδικασία.
3. Αν και χρησιμοποιούνται υλικά καθημερινής ζωής, θα πρέπει να τονιστεί ότι **απαγορεύεται οι μαθητές να καταναλώσουν τα φρούτα**, καθώς έχουν χρησιμοποιηθεί υάλινα σκεύη χημικού εργαστηρίου.

Λέξεις κλειδιά: ένζυμα, ενζυμική αμαύρωση, θερμοκρασία, αλκοολούχο ποτό, ζύδι

Πείραμα:

Οι μαθητές (ενδεικτικά για 24 μαθητές στην τάξη) θα χωριστούν σε ομάδες των 4 ατόμων και θα μελετήσουν την επίδραση της θερμοκρασίας (2 ομάδες Α1 και Α2), του αλκοολούχου ποτού (2 ομάδες Β1 και Β2) και των οξέων (ζύδι) (2 ομάδες Γ1 και Γ2) στη δράση των ενζύμων, κατά την ενζυμική αμαύρωση των μήλων. Οι μαθητές θα εργαστούν διερευνητικά και ομαδικά, μέσω της καθοδήγησης των φύλλων εργασίας και του καθηγητή, όπου χρειαστεί. Μοιράζεται το φύλλο εργασίας στους μαθητές και απαντούν στις ερωτήσεις 1-4. Ακολούθως ξεκινάει η πειραματική διαδικασία καθοδηγούμενης διερεύνησης.

Υλικά:

- Φύλλα εργασίας
- Μήλα

Για τη μελέτη επίδρασης της θερμοκρασίας για τις δύο ομάδες:

- Νερό
- 6 Ποτήρια
- 2 Ποτήρια ζέσεως 100 mL
- 8 Πιάτα
- 2 Γκαζάκια
- 2 Θερμόμετρα
- Λαβίδες
- Χρονόμετρο-ρολόι

Για τη μελέτη επίδρασης του αλκοολούχου ποτού για τις δύο ομάδες:

- Ποτό ρούμι 37.5% v/v
- Νερό
- 8 Ποτήρια
- 8 Πιάτα
- Λαβίδες
- 2 Σύριγγες των 10 mL
- Χρονόμετρο-ρολόι

Για τη μελέτη επίδρασης του όξινου διαλύματος για τις δύο ομάδες:

- Ξύδι
- Νερό
- 8 Ποτήρια
- 8 Πιάτα
- Λαβίδες
- 2 Σύριγγες των 10 mL
- Χρονόμετρο-ρολόι

Πίνακες

Οι πίνακες που θα προκύψουν αναμένεται να έχουν, προσαρμοσμένες στις παρατηρήσεις των μαθητών, περίπου αυτές τις μορφές:

| | Παρατήρηση μετά από 5 min | Παρατήρηση μετά από 10 min | Παρατήρηση μετά από 20min |
|----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | Μήλο | Μήλο | Μήλο |
| 0-10°C | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | καθόλου-λίγη αμαύρωση |
| 20-30°C | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | λίγη αμαύρωση |
| 60-70°C | καθόλου αμαύρωση | λίγη αμαύρωση | μέτρια αμαύρωση |
| 90-100°C | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση |

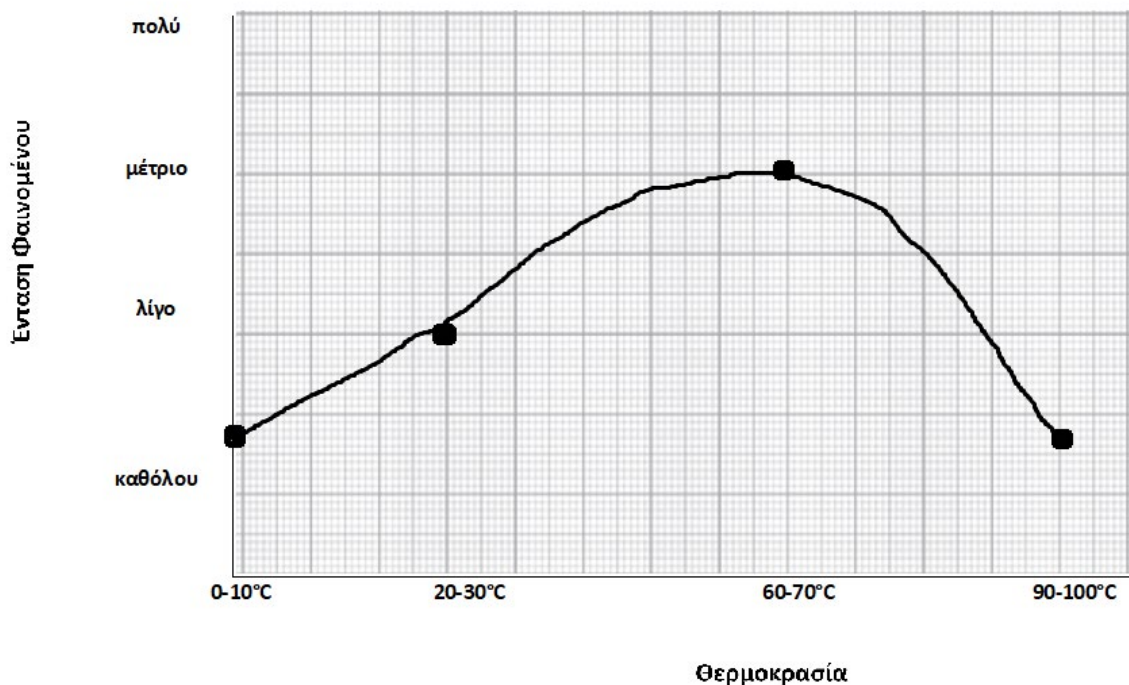
| | Παρατήρηση μετά από 5 min | Παρατήρηση μετά από 10 min | Παρατήρηση μετά από 20 min |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Μήλο | Μήλο | Μήλο |
| 30 mL ρούμι | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | καθόλου-λίγο αμαύρωση |
| 15 mL ρούμι + 15 mL νερό | καθόλου αμαύρωση | καθόλου-λίγο αμαύρωση | λίγο αμαύρωση |
| 3 mL ρούμι + 27 mL νερό | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση |
| 30 mL νερό | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση |

| | Παρατήρηση μετά από 5 min | Παρατήρηση μετά από 10 min | Παρατήρηση μετά από 20 min |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Μήλο | Μήλο | Μήλο |
| 30 mL ξύδι | καθόλου αμαύρωση | λίγο αμαύρωση | λίγο-μέτρια αμαύρωση |
| 15 mL ξύδι + 15 mL νερό | καθόλου αμαύρωση | λίγο-μέτρια αμαύρωση | πολύ αμαύρωση |
| 3 mL ξύδι + 27 mL νερό | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | λίγο αμαύρωση |
| 30 mL νερό | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση | καθόλου αμαύρωση |

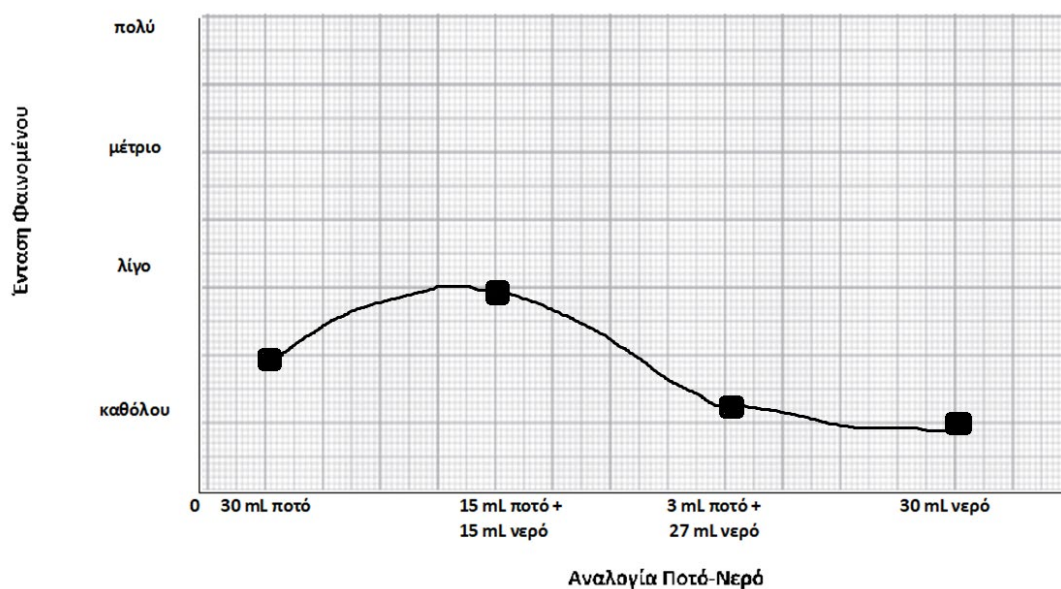
Γραφικές παραστάσεις

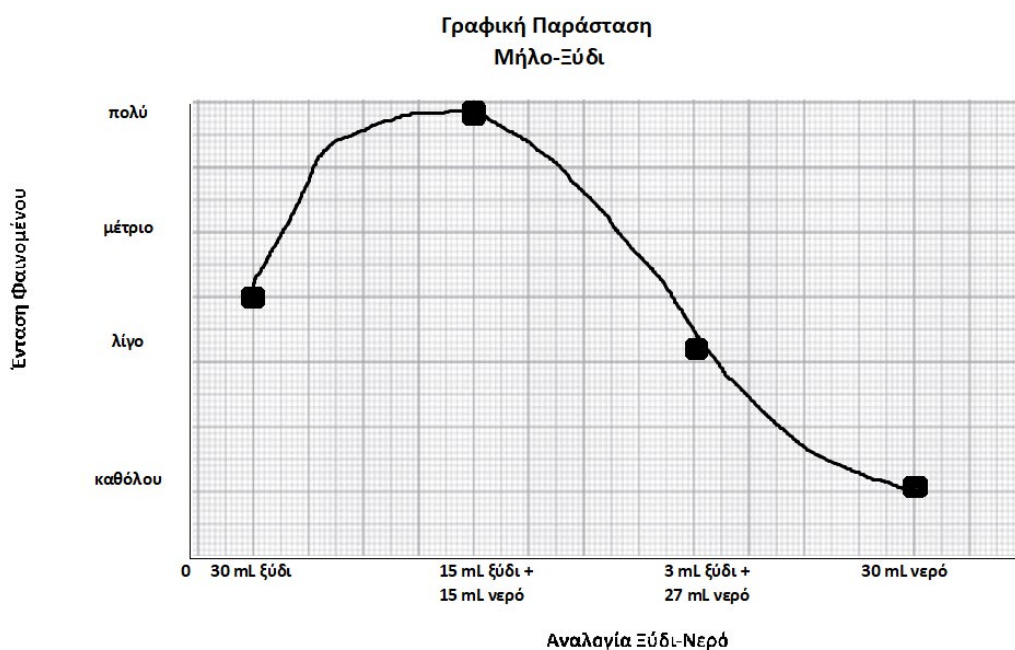
Οι γραφικές παραστάσεις που θα προκύψουν αναμένεται να έχουν τις μορφές:

Γραφική Παράσταση
Μήλο-Θερμοκρασία



Γραφική Παράσταση
Μήλο-Ποτό





Διαμοιρασμός των αποτελεσμάτων όλων των ομάδων

Ο διδάσκοντας θα πρέπει να έχει δημιουργήσει μια εργασία στην η-τάξη (e-class) στην οποία θα ανεβάσει τις προκύπτουσες γραφικές παραστάσεις όλων των ομάδων, ενοποιημένες σε ένα έγγραφο, ώστε να μπορεί να γίνει ο διαμοιρασμός των αποτελεσμάτων, μαζί με τις ομάδες και τις οδηγίες για την ομαδική δραστηριότητα επίλυσης προβλήματος.

Δραστηριότητα Δ

Η δραστηριότητα Δ του φύλλου εργασίας έχει ως στόχο να διερευνηθεί πώς μπορούν να εργαστούν ομαδικά αλλά χωρίς την παρουσία του καθηγητή οι μαθητές σχετικά με ένα ακόμα πρόβλημα καθημερινής ζωής που σχετίζεται με τα ένζυμα. Προκειμένου να μπορέσουν να εξετάσουν και τους τρεις παράγοντες, ο καθηγητής θα πρέπει να ορίσει νέες ομάδες εργασίας στις οποίες θα πρέπει οπωσδήποτε να συμμετέχουν μαθητές από όλες τις ομάδες. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι θα μπορούσαν να γίνουν 4 ομάδες των 6 ατόμων (2 από ομάδες Α1 και Α2, 2 από ομάδες Β1 και Β2 και 2 από ομάδες Γ1 και Γ2). Οι μαθητές των ομάδων θα πρέπει να δουλέψουν ομαδικά, να βιντεοσκοπήσουν ή φωτογραφίσουν την πειραματική διαδικασία και να παρουσιάσουν με όποιον τρόπο επιθυμούν τα αποτελέσματά τους στην τάξη.

Τι αναμένουμε από τη δραστηριότητα Δ.

Τα ένζυμα βρωμελαΐνη και ακτινιδίνη που περιέχονται στον ανανά και στο ακτινίδιο αντίστοιχα και εμποδίζουν το σχηματισμό ζελέ, αναστέλλονται με θέρμανση. Γι αυτό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κονσερβοποιημένα φρούτα στο ζελέ. Η αιθανόλη και το όξινο pH, αποδεικνύεται βιβλιογραφικά ότι **δεν** αναστέλλουν τη δράση των ενζύμων αυτών και ως εκ τούτου εμποδίζεται η ζελατινοποίηση. Συνεπώς αναμένουμε από τους μαθητές να προσπαθήσουν, ιδανικά, να αναστείλουν τη δράση των ενζύμων και με τους τρεις τρόπους που έχουν μελετήσει στο σχολείο. Το επιθυμητό είναι να καταλήξουν στο συμπέρασμα πως **μόνο** με τη διαδικασία της θέρμανσης των φρούτων θα καταφέρουν να δημιουργήσουν το ζελέ. Ακόμα, περιμένουμε οι μαθητές να λειτουργήσουν ομαδικά και να οργανώσουν τα συμπεράσματά τους έτσι ώστε να κάνουν μια ολοκληρωμένη και στοχευμένη παρουσίαση στην τάξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. M. Briggs, G. Long and K. Owens, Qualitative Assessment of Inquiry-Based Teaching Methods, *Journal of Chemical Education*, vol. 88, 2011, pp. 1034-1040.
2. A. Hofstein and V. N. Lunetta, The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, vol. 88, no. 1, 2004, pp. 28-54
3. S. B. Boesdorfer and R. A. Livermoreb, Secondary school chemistry teacher's current use of laboratory activities and the impact of expense on their laboratory choices, *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 19, 2017, pp.135-148.
4. R. Mamlok-Naaman and N. Barnea, Laboratory Activities in Israel, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, vol. 8, no. 1, 2012, pp. 49-57.
5. B. A. Gaddis and A. M. Schoffstall, Incorporating Guided-Inquiry Learning into the Organic Chemistry Laboratory, *Journal of Chemical Education*, vol. 84, no. 5, 2007, pp. 848-851.
6. C. Valls-Bautist, A. Sole-Lussa and M. Casanoves, Pre-service teachers' acquisition of scientific knowledge and scientific skills through inquiry-based laboratory activity, *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, vol. 11, no. 5, 2021, pp.1160-1179.
7. J. M. Cabalsa and L. Abraham, Exploring Biochemical Reactions of Proteins, Carbohydrates, and Lipids through a Milk-Based Demonstration and an Inquiry-Based Worksheet: A COVID-19 Laboratory Experience, *Journal of Chemical Education*, vol. 97, 2020, pp. 2669–2677.
8. G. Eymur, Developing High School Students' Self-Efficacy and Perceptions about Inquiry and Laboratory Skills through Argument-Driven Inquiry, *Journal of Chemical Education*, vol. 95, no. 5, 2018, pp. 709–715.
9. J. M. Mutambuki, H. Fynewever, K. Douglass, W. W. Cobern and S. O. Obare, Integrating Authentic Research Experiences into the Quantitative

Analysis Chemistry Laboratory Course: STEM Majors' Self-Reported Perceptions and Experiences, *Journal of Chemical Education*, vol. 96, 2019, pp. 1591-1599.

10. J. Cianciolo, L. Flory and J. Atwell, Evaluating the Use of Inquiry-Based Activities: Do Student and Teacher Behaviors Really Change?, *Journal of College Science Teaching*, 2006, pp. 50-55.

11. H. Xu and V. Talanquer, Effect of the Level of Inquiry on Student Interactions in Chemistry Laboratories, *Journal of Chemical Education*, vol. 90 no. 1, 2012, pp. 29–36.

12. C. Hale-Hanes, Promoting student development of models and scientific inquiry skills in acid–base chemistry: An important skill development in preparation for AP chemistry. *Journal of Chemical Education*, vol. 92, no. 8, 2015, pp. 1320-1324.

13. P. Nedungadi, P. Malini and R. Raman, Inquiry Based Learning Pedagogy for Chemistry Practical Experiments Using Olabs, *Research in Advanced Technologies for Education*, 2015, pp. 633-642.

14. A. Hofstein, R. Shore and M. Kipnis, Research Report: Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: a case study, *International Journal of Science Education*, vol. 26, no. 1, 2007, pp. 47-62.

15. P. S. Cetin, Effectiveness of Inquiry Based Laboratory Instruction on Developing Secondary Students' Views on Scientific Inquiry, *Journal of Chemical Education*, vol. 98, no. 3, 2021, pp. 756-762.

16. R. M. Roller, S. Sumantakul, M. Tran, A. Van Wyk, J. Zinna, D. A. Donelson, S. G. Finnegan, G. Foley, O. R. Frechette, J. Gaetgens, J. Jiang, K. C. Rinaolo, R. S. Cole, M. Lieberman, V. T. Remcho, and A. Kimberley, Frederick Inquiry-Based Laboratories Using Paper Microfluidic Devices, *Journal of Chemical Education*, vol. 98, no. 6, 2021, pp. 1946–1953.

17. L. B. Buck, S. L. Bretz and M. H. Towns, Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory, *Journal of College Science Teaching*, vol. 38, no. 1, 2008, pp. 52-58.

18. R. Lamba, S. Sharma and B. W. Lloyd, Constructing Chemical Concepts through a Study of Metals and Metal Ions Guided Inquiry Experiments for General Chemistry, *Journal of Chemical Education*, vol. 74, no. 9, 1997, pp. 1095-1099.
19. D. W. Demoin and S. S. Jurisson, Chemical Kinetics Laboratory Discussion Worksheet, *Journal of Chemical Education*, vol. 90, 2013, pp. 1200-1202.
20. L. Van Rens, A. Pilot A. and H. Van Dijk, Enhancement of quality in chemical inquiry by pre-university student, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 2, 2004, pp. 493–509.
21. K. N. Hosbein, M. A. Lower and J. P. Walker, Tracking Student Argumentation Skills across General Chemistry through Argument-Driven Inquiry Using the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom Observation Protocol, *Journal of Chemical Education*, vol. 98, 2021, pp. 1875–1887.
22. K. L. McNeill, R. Lowenhaupt, K. Cherbow and B. R. Lowell, Professional development to support principals' vision of science instruction: Building from their prior experiences to support the science practices, *Research in Science Teaching*, 2021, pp. 1-27.
23. F. U. Akuma and R. Callaghan R., A systematic review characterizing and clarifying intrinsic challenges linked to inquiry-based practical work, *Journal of Science Teaching*, vol. 56, 2017, pp. 619-648.
24. H. Albright, C. R. J. Stephenson and C. S. Schindler, Converting a Two-Week Chemistry Course for High School Students to a Virtual Format During COVID, *Journal of Chemical Education*, vol. 98, no. 7, 2021, pp. 2457-2464.
25. C. B. Russell & G. C. Weaver, A comparative study of traditional, inquiry-based, and research-based laboratory curricula: impacts on understanding of the nature of science, *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 12, no. 1, 2010, pp. 57-67.
26. R. S. Cole, M. Muniz, E. Harvey, R. Sweeney and S. Hunnicutt, How Should Apples Be Prepared for a Fruit Salad? A Guided Inquiry Physical

Chemistry Experiment, *Journal of Chemical Education*, vol. 97, 2020, pp. 4475–4481.

27. M. Cuartero & G. A. Crespo, Using Potentiometric Electrodes Based on Nonselective Polymeric Membranes as Potential Universal Detectors for Ion Chromatography: Investigating an Original Research Problem from an Inquiry-Based-Learning Perspective, *Journal of Chemical Education*, vol. 95, 2018, pp. 2172–2181.

28. B. K. DeKorver and M. H. Towns, General Chemistry Students' Goals for Chemistry Laboratory Coursework, *Journal of Chemical Education*, vol. 92, 2015, pp. 2031-2037.

29. I. Moore, Draft Student Enquiry Based Learning (EBL) Survey, 2006, http://www.manchester.ac.uk/ceeb/evaluation/evaluation_survey.rtf

30. E. Jacobsen, Soup or Salad? Investigating the Action of Enzymes in Fruit on Gelatin, *Journal of Chemical Education*, vol. 76, no. 5, 1999.

31. G. A. Hurst, Green and Smart: Hydrogels To Facilitate Independent Practical Learning, *Journal of Chemical Education*, 94, 2017, pp. 1766–1771.

32. A. Todaro, R. Cavallaro, S. Argento, F. Branca and G. Spagna, Study and Characterization of Polyphenol Oxidase from Eggplant (*Solanum melongena* L.), *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 59, 2011, pp. 11244–11248.

33. J. B. Buta, H. E. Moline, D. W. Spaulding and C. H. Wang, Extending Storage Life of Fresh-Cut Apples Using Natural Products and Their Derivatives, *Journal Agriculture and Food Chemistry*, vol. 47, no. 1, 1999, pp. 1-6.

34. A. Pittot and L. C. Raffaele, Effect of sugars and maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food, *Journal of Food Biochemistry*, vol. 15, 1991, pp. 169-184.

35. M. Murata, M. Tsurutani, S. Hagiwara and S. Homma, Subcellular Location of Polyphenol Oxidase in Apples, *Biosci. Biotech. Biochem.*, vol. 61, no. 9, 1997, pp. 1495-1499.

36. L. Chen, A. Mehta, M. Berenbaum, A. R. Zangerl and N.J. Engeseth, Honeys from Different Floral Sources as Inhibitors of Enzymatic Browning in Fruit and Vegetable Homogenates, *Journal Agriculture and Food Chemistry*, vol. 48, 2000, pp. 4997–5000.

37. G. P. Parpinello, F. Chinnici, A. Versari and C. Riponi, Preliminary Study on Glucose Oxidase–Catalase Enzyme System to Control the Browning of Apple and Pear Purees, *LWT-Food Science and Technology*, vol. 35, 2001, pp. 239–243.
38. G. Rux, O. Caleb, C. Ulrichs, S. Huyskens-Keil, W. B Herppich and P. Mahajan, Impact of dipping fresh-cut apple slices in different sugar solutions on quality parameters, *Conference: 10th International FRUTIC Symposium "Quality and Safety of Fresh Horticultural Commodities*, 2017.
39. C. A. Corzo, K. N. Waliszewski and J. Welte-Chanes, Pineapple fruit bromelain affinity to different protein substrates, *Food Chemistry*, vol. 133, 2012, pp. 631-635.
40. B. C. Martinsa, R. Rescolinoa, D. F. Coelhob, B. Zanchettab, E. B. Tambourgib and E. Silveira, Characterization of Bromelain from Ananas Comosus Agroindustrial Residues Purified by Ethanol Fractional Precipitation, *Chemical Engineering Transactions*, vol. 37, 2014, pp. 781-786.
41. M. A. A. Al-Zubaidy, Optimizing Extraction Conditions of Actinidin from Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*), *Al-Mustansiriyah Journal of Science*, vol. 28, no. 3, 2017, pp. 61-67.
42. A. Homaei and R. Etemadipour, Improving the activity and stability of actinidin by immobilization on gold nanorods, *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 72, 2015, pp. 1176–1181.
43. N. Balta, A Systematic Planning for Science Laboratory Instruction: Research-Based Evidence, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, vol. 11, no. 5, 2015, pp. 957-969.
44. Journal's Editorial Staff, Chemistry Time: Factors Affecting the Rate of a Chemical Reaction, *Journal of Chemical Education*, vol. 75, no. 9, 1998, pp. 1120A-1120B.
45. R.D. Bowles, J. M. Saroka, S. D. Archer and L. J. Bonassar, Novel Model-Based Inquiry of Ionic Bonding in Alginate Hydrogels Used in Tissue Engineering for High School Students, *Journal of Chemical Education*, vol. 89, 2012, pp. 1308–1311.

46. S. L. Cresswell and W. A. Loughlin, A Case-Based Scenario with Interdisciplinary Guided-Inquiry in Chemistry and Biology: Experiences of First Year Forensic Science Students, *Journal of Chemical Education*, vol. 94, 2017, pp. 1074–1082.
47. Ο. Κασσώτη, Π. Κλιάπης, Θ. Οικονόμου, *Σχολικό Βιβλίο Μαθηματικών Στ' Δημοτικού*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
48. Ι. Βανδουλάκης, Χ. Καλλιγγάς, Ν. Μαρκάκης, Σ. Φερεντίνος, *Σχολικό Βιβλίο Μαθηματικών Α' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
49. Π. Βλάμος, Π. Δρούτσας, Γ. Πρέσβης, Κ. Ρεκούμης, *Σχολικό Βιβλίο Μαθηματικών Β' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
50. Γ. Καλκάνης, Ο. Γκικοπούλου, Ε. Καπότης, Δ. Γουσόπουλος, Μ. Πατρινόπουλος, Π. Τσάκωνας, Π. Δημητριάδης, Λ. Παπατσιμπα, Κ. Μιτζήθρας, Α. Καπόγιαννης, Δ. Σωτηρόπουλος, Σ. Πολίτης, *Σχολικό Βιβλίο Φυσικής Α' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
51. Ν. Αντωνίου, Π. Δημητριάδης, Κ. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Λ. Παπατσιμπα, *Σχολικό Βιβλίο Φυσικής Β' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
52. Δ. Αργυράκης, Π. Βουργάνας, Κ. Μεντής, Σ. Τσικοπούλου, Μ. Χρυσοβέργης, *Σχολικό Βιβλίο Μαθηματικών Γ' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
53. Ν. Αντωνίου, Π. Δημητριάδης, Κ. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Λ. Παπατσιμπα, *Σχολικό Βιβλίο Φυσικής Γ' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»
54. K. Salta, M. Gekos, I. Petsimeri and D. Koulougliotis, Discovering factors that influence the decision to pursue a chemistry-related career: A comparative analysis of the experiences of on scientist adults and chemistry teachers in Greece, *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 13, 2012, pp. 437-446.