



# ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ



25 Ιανουαρίου 2020

ΛΥΚΕΙΟ: .....

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1. ....  
2. ....  
3. ....

ΜΟΝΑΔΕΣ:

## Ο ΑΟΡΑΤΟΣ ΚΟΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΑΓΙΑΣ

Οι ζυμομύκητες είναι μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί. Είναι στρογγυλοί ή ωοειδείς και δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι. Αναπαράγονται με *εκβλάστηση*, έναν τρόπο μονογονικής αναπαραγωγής, κατά τον οποίο στο αρχικό κύτταρο αναπτύσσεται ένα εξόγκωμα, το εκβλάστημα. Όταν το εκβλάστημα αναπτυχθεί αρκετά, αποχωρίζεται από το πατρικό κύτταρο κι εξελίσσεται σε έναν νέο οργανισμό.

Οι ζυμομύκητες εξασφαλίζουν την απαραίτητη για την επιβίωσή τους ενέργεια διασπώντας χημικά μόρια, όπως οι υδατάνθρακες, με μια σειρά βιοχημικών αντιδράσεων του μεταβολισμού τους που χαρακτηρίζεται ως *κυτταρική αναπνοή*. Η κυτταρική αναπνοή μπορεί να γίνεται με τη βοήθεια  $O_2$ , οπότε λέγεται αερόβια αναπνοή, ή χωρίς  $O_2$  και λέγεται αναερόβια αναπνοή. Κατά την αερόβια αναπνοή, οι ζυμομύκητες διασπούν μόρια υδατανθράκων, όπως η γλυκόζη (μονοσακχαρίτης), η ζάχαρη (δισακχαρίτης που αποτελείται από 1 μόριο γλυκόζης και 1 μόριο φρουκτόζης) ή το άμυλο (πολυσακχαρίτης που αποτελείται από πολλά μόρια γλυκόζης), σε  $CO_2$ , νερό και ενέργεια. Όταν τα επίπεδα του  $O_2$  είναι χαμηλά (αναερόβιες συνθήκες), οι ζυμομύκητες επιβιώνουν διασπώντας τους υδατάνθρακες σε αιθανόλη,  $CO_2$  και μικρότερα ποσά ενέργειας. Αυτή η αναερόβια βιοχημική διαδικασία ονομάζεται *αλκοολική ζύμωση* και σε εφαρμογές της στηρίζεται η παραγωγή μπίρας, κρασιού και άρτου. Ο ρυθμός της εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η συγκέντρωση των υδατανθράκων, το pH κ.λπ.

Οι ζυμομύκητες αποτελούν την πιο σημαντική και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη κατηγορία μικροοργανισμών στη βιομηχανία. Καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή ζύμης αρτοποιίας (μαγιά), τη χρήση τους στις αντιδράσεις αλκοολικής ζύμωσης για την παραγωγή αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών κ.ά. Η μαγιά παράγεται ύστερα από ανάπτυξη καλλιέργειας ζυμομυκήτων σε βιομηχανική κλίμακα και χρησιμοποιείται κυρίως στην αρτοποιία. Πωλείται ως ξηρή ή νωπή και αποτελεί ένα μεγάλο πληθυσμό ζυμομυκήτων οι οποίοι διακρίνονται ως μικροί καφέ κόκκοι. Οι κόκκοι αυτοί παρότι δε φαίνονται να είναι ζωντανοί, ενεργοποιούνται αν τους βάλουμε σε κατάλληλο περιβάλλον (π.χ. νερό με ζάχαρη, νερό με αλεύρι) και αρχίζουν να διασπούν τα μόρια της τροφής, για να εξασφαλίσουν την απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωσή τους. Στην παρασκευή του ψωμιού το βρεγμένο αλεύρι αναμειγνύεται με τους ζυμομύκητες της μαγιάς και αφήνεται σε ζεστό μέρος για αρκετές ώρες. Το άμυλο που υπάρχει στο αλεύρι διασπάται από ένζυμα που περιέχονται στο αλεύρι σε απλά σάκχαρα. Τα σάκχαρα αυτά μαζί με σάκχαρα που περιέχονται φυσικά στο αλεύρι χρησιμοποιούνται από τους ζυμομύκητες ως τροφή. Με την αλκοολική ζύμωση των σακχάρων στο ζυμάρι ελευθερώνεται  $CO_2$ , το οποίο προσπαθώντας να διαφύγει από την αρτόμαζα προκαλεί το φούσκωμά της, ενώ η αιθανόλη εξατμίζεται κατά τη διάρκεια του ψησίματος.

### 1<sup>η</sup> ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

#### *Μελέτη παραγόντων που επηρεάζουν τον ρυθμό της αλκοολικής ζύμωσης στη μαγιά*

Στη δραστηριότητα αυτή θα μελετήσετε την αλκοολική ζύμωση στη μαγιά σε διαφορετικές συγκεντρώσεις διαλύματος ζάχαρης (0%, 2,5% και 15% w/v) και σε διαφορετικές θερμοκρασίες (0°, 20° και 40°C). Θα αναπτύξετε ζυμομύκητες σε υδατικά διαλύματα ζάχαρης μέσα σε δοκιμαστικούς σωλήνες τους οποίους θα σφραγίσετε με ένα μπαλόνι και θα παρατηρήσετε τις διαφορές στην παραγωγή φυσαλίδων και στο φούσκωμα των μπαλονιών, ενδεικτικά της μεταβολικής δραστηριότητας της μαγιάς και της παραγωγής του αερίου  $CO_2$ . Για τη μέτρηση του ρυθμού της αλκοολικής ζύμωσης θα εκτιμήσετε την ποσότητα  $CO_2$  που παράγει η μαγιά υπολογίζοντας το ύψος του στρώματος των φυσαλίδων που παγιδεύονται στον αφρό στο επάνω μέρος του διαλύματος καθώς και την περιφέρεια των μπαλονιών, τα οποία φουσκώνουν όταν γεμίζουν με το  $CO_2$  που παράγεται.

**ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ**

- 9 δοκιμαστικοί σωλήνες τοποθετημένοι σε 2 στατώ
- Ογκομετρικός κύλινδρος
- Υδροβολέα
- 1 δοχείο με πάγο
- 9 δοχεία με 3 gr μαγιά στο καθένα
- 3 δοχεία με 1 gr ζάχαρη στο καθένα
- 3 δοχεία με 6 gr ζάχαρη στο καθένα
- 9 μπαλόνια
- 3 Ξύλινες ράβδοι ανάδευσης
- Χάρακας
- Μαρκαδόρος ανεξίτηλος
- Κομμάτι σπάγγου
- Υδατόλουτρο ρυθμισμένο στους 40 °C (βρίσκεται στον κοινό πάγκο εργασίας)

**1<sup>η</sup> ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

1. Ο ένας από την ομάδα σας να σημειώσει με τον μαρκαδόρο σε 3 από τους δοκιμαστικούς σωλήνες που έχετε στον πάγκο σας τις ενδείξεις K0, K1, K6, σε άλλους 3 τις ενδείξεις Δ0, Δ1, Δ6 και στους τελευταίους 3 τις ενδείξεις X0, X1 και X6. **Ταυτόχρονα**, οι δύο άλλοι από την ομάδα σας να τεντώσουν ένα ένα το κάθε μπαλόνι, να ελέγξουν για τρυπούλες και κατόπιν να το φουσκώσουν και να το ξεφουσκώσουν (αφήνοντας όλο τον αέρα να βγει από το μπαλόνι). Προσέξτε να μην τρυπήσουν τα μπαλόνια στο βήμα αυτό. Ζητείστε, αν χρειάζεστε, τη βοήθεια ενός επιτηρητή.
2. Σε αυτό το βήμα θα προσθέσετε νερό και μαγιά στους δοκιμαστικούς σωλήνες. Ο ένας από την ομάδα σας να προσθέσει σε καθέναν από τους 9 δοκιμαστικούς σωλήνες 40 ml νερό με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου και του υδροβολέα που έχετε στον πάγκο σας. Ο δεύτερος από την ομάδα σας να προσθέσει σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα 3 gr μαγιά από τα δοχεία με μαγιά που έχετε στον πάγκο σας και ο τρίτος να αναδεύσει καλά κάθε σωλήνα με την ξύλινη ράβδο ανάδευσης, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ομοιογενής χυλός.
3. Σε αυτό το βήμα θα προσθέσετε τη ζάχαρη και θα προσαρμόσετε τα μπαλόνια στους δοκιμαστικούς σωλήνες. Προσέξτε να μην τρυπήσουν τα μπαλόνια στο βήμα αυτό. Ζητείστε, αν χρειάζεστε, τη βοήθεια του επιτηρητή. Ειδικότερα:
  - ο ένας από εσάς να επιλέξει 3 μπαλόνια και να τοποθετήσει **γρήγορα** το στόμιο του καθενός μπαλονιού γύρω από το στόμιο καθενός από τους δοκιμαστικούς σωλήνες με την ένδειξη K0, Δ0 και X0 (συγκέντρωση διαλύματος ζάχαρης 0% w/v), όπως φαίνεται στην *εικόνα 1*
  - ο δεύτερος από εσάς να προσθέσει στους δοκιμαστικούς σωλήνες K1, Δ1 και X1 από 1 gr ζάχαρη από τα δοχεία με ζάχαρη που έχετε στον πάγκο σας (συγκέντρωση διαλύματος ζάχαρης 2,5% w/v), κατόπιν να αναδεύσει καλά το περιεχόμενο των σωλήνων με την ξύλινη ράβδο ανάδευσης και να κλείσει **γρήγορα** τον κάθε σωλήνα με μπαλόνι, όπως φαίνεται στην *εικόνα 1*
  - ο τρίτος από εσάς να προσθέσει στους δοκιμαστικούς σωλήνες K6, Δ6 και X6 από 6 gr ζάχαρη από τα δοχεία με ζάχαρη που έχετε στον πάγκο σας (συγκέντρωση διαλύματος ζάχαρης 15% w/v), κατόπιν να αναδεύσει καλά το περιεχόμενο των σωλήνων με την ξύλινη ράβδο ανάδευσης και να κλείσει **γρήγορα** τον κάθε σωλήνα με μπαλόνι, όπως φαίνεται στην *εικόνα 1*.



Εικόνα 1

4. Σημειώστε με τον μαρκαδόρο σε όλους τους σωλήνες μια γραμμή ακριβώς στο ύψος της στάθμης του υδατικού μείγματος σε κάθε σωλήνα, όπως στην εικόνα 2.



Εικόνα 2

5. Τοποθετήστε τους σωλήνες **K0**, **K1** και **K6** στο δοχείο με τον πάγο που έχετε στον πάγκο σας.
6. Αφήστε τους σωλήνες **Δ0**, **Δ1** και **Δ6** στο στατώ στον πάγκο σας, σε θερμοκρασία δωματίου (~20 °C).
7. Τοποθετήστε τους σωλήνες **X0**, **X1** και **X6** στο υδατόλουτρο που βρίσκεται στον κεντρικό πάγκο εργασίας, μέσα στο δοχείο που αντιστοιχεί στην ομάδα σας.
8. **Ξεκινήστε τη χρονομέτρηση** (μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το ρολόι που υπάρχει στην αίθουσα, κάποιο ρολόι χειρός που διαθέτετε ή το χρονόμετρο του κινητού σας). Δύο άτομα από την ομάδα σας να σημειώνουν με το μαρκαδόρο μια γραμμή ακριβώς στο ύψος της στάθμης του στρώματος των φυσαλίδων σε κάθε σωλήνα **ανά 5 λεπτά για συνολικά 20 λεπτά**, όπως φαίνεται στην εικόνα 3. Σε περίπτωση που σε κάποιον σωλήνα η στάθμη των φυσαλίδων ξεπεράσει το στόμιο του σωλήνα, να τοποθετήσετε τη γραμμή ακριβώς στο χείλος του σωλήνα. Σε περίπτωση που σε κάποιον σωλήνα δεν μεταβληθεί το ύψος της στάθμης σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση, να τοποθετήσετε μια ακόμη γραμμή δίπλα από την υπάρχουσα.



Εικόνα 3

9. Μεταξύ των μετρήσεων μπορείτε να συμπληρώσετε τα ερωτήματα A1 και A2 του φύλλου εργασίας που ακολουθεί. Μπορείτε, επίσης, να ξεκινήσετε την πειραματική διαδικασία της 2<sup>ης</sup> δραστηριότητας (Μικροσκοπική παρατήρηση κυττάρων μαγιάς).
10. Μόλις ολοκληρωθούν τα 20 λεπτά από την έναρξη της χρονομέτρησης και αφού ολοκληρώσετε το βήμα 8, να υπολογίσετε την περιφέρεια κάθε μπαλονιού με τον εξής τρόπο: τυλίξτε γύρω από το μπαλόνι το κομμάτι σπάγγου που έχετε στον πάγκο σας και αμέσως μετά υπολογίστε το μήκος του σπάγγου που αντιστοιχεί στο μήκος της περιφέρειας του μπαλονιού με τον χάρακα που έχετε στον πάγκο σας, όπως στην εικόνα 4. Επαναλάβετε τη διαδικασία μέτρησης για όλα τα μπαλόνια και καταγράψτε τα αποτελέσματά σας στον **Πίνακα 1** στο φύλλο εργασίας που ακολουθεί. Αν το μπαλόνι δε φαίνεται διαφορετικό σε σχέση με την έναρξη του πειράματος (δεν έχει φουσκώσει καθόλου), να υπολογίσετε την περιφέρειά του ως 0.



Εικόνα 4

11. Μετρήστε σε κάθε σωλήνα τη διαφορά στο ύψος της στάθμης του στρώματος των φυσαλίδων που παρατηρήθηκε σε χρόνο 5, 10, 15 και 20 λεπτά από την έναρξη του χρονομέτρου χρησιμοποιώντας τον χάρακά σας, όπως στην εικόνα 5. Θεωρήστε ότι η πρώτη γραμμή που σημειώσατε σε κάθε σωλήνα τη χρονική στιγμή 0 (βήμα 4) αντιστοιχεί σε ύψος 0 mm. Συμπληρώστε τον **Πίνακα 2** στο φύλλο εργασίας που ακολουθεί.



Εικόνα 5

12. Ολοκληρώστε το φύλλο εργασίας που ακολουθεί.

### ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1<sup>ης</sup> ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

**A1.** Στο πείραμα που πραγματοποιήσατε αναπτύξατε ζυμομύκητες σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα με νερό τον οποίο σφραγίσατε με ένα μπαλόνι. Νομίζετε ότι αυτές οι συνθήκες ανάπτυξης είναι αερόβιες ή αναερόβιες;

.....

**A2.** Ποιο αέριο θεωρείτε ότι παράχθηκε στους σωλήνες;

.....

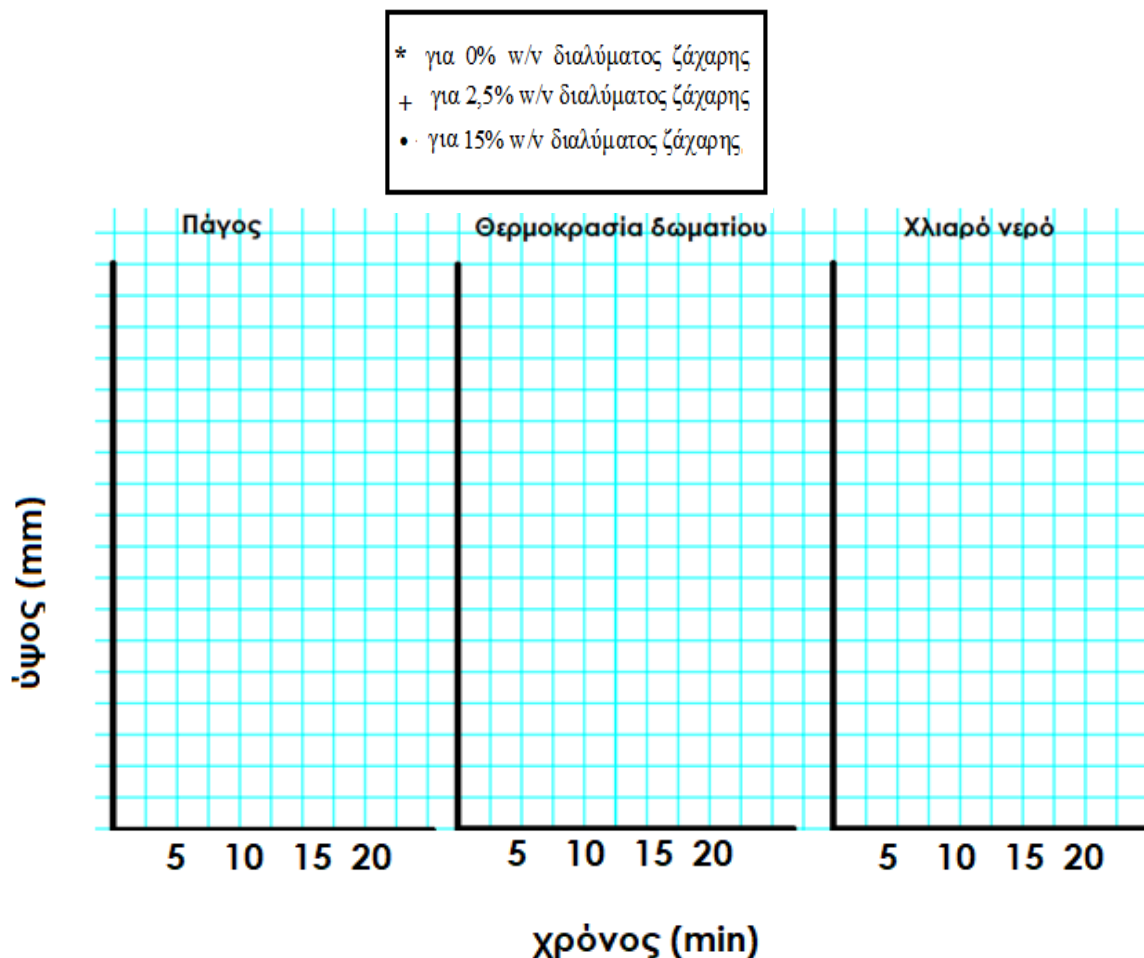
**A3.** Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα με την περιφέρεια του κάθε μπαλονιού που βρήκατε στο βήμα 10.

Πίνακας 1. Περιφέρεια μπαλονιών (mm)									
	Πάγος			Θερμοκρασία δωματίου			Χλιαρό νερό		
Χρόνος (λεπτά)	K0	K1	K6	Δ0	Δ1	Δ6	X0	X1	X6
20									

**A4.** Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα με τα αντίστοιχα ύψη της στάθμης του στρώματος των φυσαλίδων που βρήκατε στο βήμα 11.

Πίνακας 2. Ύψος στρώματος φυσαλίδων (mm)									
Χρόνος (λεπτά)	Πάγος			Θερμοκρασία δωματίου			Χλιαρό νερό (40°C)		
	K0	K1	K6	Δ0	Δ1	Δ6	X0	X1	X6
5									
10									
15									
20									
0-20									

**A5.** Με βάση τις καταγραφές σας στον Πίνακα 2, να κατασκευάσετε τις καμπύλες μεταβολής του ύψους των φυσαλίδων για τις διαφορετικές συγκεντρώσεις διαλυμάτων ζάχαρης στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες του πειράματος συναρτήσεως του χρόνου. Να σημειώσετε με \* τις τιμές για 0% w/v διαλύματος ζάχαρης, με + τις τιμές για 2,5% w/v διαλύματος ζάχαρης και με • τις τιμές για 15% w/v διαλύματος ζάχαρης. Υπόδειξη: Θα κάνετε 3 καμπύλες σε κάθε διαφορετική θερμοκρασία (μια καμπύλη για την κάθε συγκέντρωση διαλύματος ζάχαρης).







.....  
**A12.** Ο Σάκης, ο Πάνος και η Έλενα έφτιαζαν ψωμιά για το bazaar του σχολείου τους. Στην παρακάτω εικόνα αναγράφονται τα υλικά που χρησιμοποίησαν κι ένα μέρος της εκτέλεσης της συνταγής.

<p><b>ΥΛΙΚΑ</b></p> <p>1 kg αλεύρι</p> <p>1 φακελάκι ξηρή μαγιά</p> <p>Αλάτι</p> <p>Χλιαρό νερό (όσο πάρει)</p> <p>Ελάχιστο λαδάκι</p> <p><b>ΕΚΤΕΛΕΣΗ</b></p> <p>Βάζουμε σε λεκάνη όλο το αλεύρι. Προσθέτουμε τη μαγιά και ανακατεύουμε. Ρίχνουμε σιγά σιγά το χλιαρό νερό και το ελάχιστο λάδι και ζυμώνουμε, μέχρι να γίνει η ζύμη μαλακή και να μην κολλάει στα χέρια μας. Τυλίγουμε σε πετσέτα, βάζουμε σε ένα ταψί και τοποθετούμε σε ζεστό μέρος. Όταν η ζύμη</p>
---

**A12α.** Τα παιδιά έφτιαζαν ένα ψωμί στο οποίο ξέχασαν να βάλουν μαγιά κι ένα ακόμη στο οποίο χρησιμοποίησαν όλα τα υλικά. Ποιο ψωμί νομίζετε ότι τελικά επέλεξαν, για να πουλήσουν στο bazaar; Εξηγήστε.

.....

.....

.....

.....

.....

**A12β.** Κατά την παρασκευή του ψωμιού τα παιδιά δε χρησιμοποίησαν ζάχαρη. Πού βρήκαν οι ζυμομύκητες τα απαραίτητα για τη ζύμωση σάκχαρα;

.....

.....

.....

.....

.....

**A12γ.** Γιατί κατά την εκτέλεση της συνταγής τα παιδιά χρησιμοποίησαν χλιαρό νερό και βάλανε τη ζύμη σε χλιαρό μέρος;

.....

.....

.....

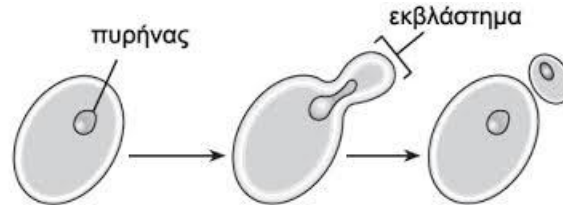
.....

.....

## 2<sup>η</sup> ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

### Μικροσκοπική παρατήρηση κυττάρων μαγιάς

Στη δραστηριότητα αυτή θα χρησιμοποιήσετε υδατικό εναιώρημα μαγιάς για να παρατηρήσετε κύτταρα ζυμομυκήτων στο μικροσκόπιο και να μετρήσετε τις διαστάσεις τους.



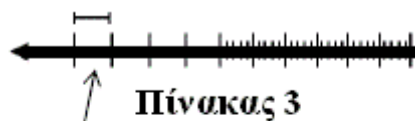
### Κύτταρα μαγιάς σε φάση διαίρεσης

#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- Οπτικό μικροσκόπιο
- Αντικειμενοφόρες πλάκες και καλυπτρίδες
- Ανατομική βελόνα
- Χαρτί κουζίνας
- Φιάλη με υδατικό εναιώρημα μαγιάς (βρίσκεται στον κοινό πάγκο εργασίας)
- Υδροβολέας

#### 2<sup>η</sup> ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Σε μια αντικειμενοφόρο πλάκα προσθέστε μια σταγόνα νερό.
2. Ακουμπήστε την άκρη της ανατομικής βελόνας μέσα στη φιάλη με το υδατικό εναιώρημα της μαγιάς.
3. Διασκορπίστε το υλικό που πήρατε απαλά μέσα στη σταγόνα νερού.
4. Καλύψτε με καλυπτρίδα υπό γωνία προσέχοντας να μη δημιουργηθούν φυσαλίδες.
5. Αφαιρέστε την πιθανή περίσσεια ποσότητας υγρού με χαρτί.
6. Παρατηρείστε το δείγμα σας στο μικροσκόπιο ξεκινώντας από τη μικρότερη μεγέθυνση μέχρι τελικής μεγέθυνσης X400.
7. Στη μεγέθυνση X400 και σε περιοχή που το υλικό είναι σχετικά αραιό παρατηρήστε τα κύτταρα των ζυμομυκήτων και προσπαθείστε να εντοπίσετε κύτταρα που βρίσκονται σε διαδικασία εκβλάστησης. Καλέστε κάποιον από τους επιτηρητές για επιβεβαίωση.
8. Ζωγραφίστε τα κύτταρα που παρατηρήσατε στο φύλλο εργασίας που ακολουθεί (ερώτημα Β1).
9. Μετρήστε με τη χρήση της προσοφθάλμιας κλίμακας του μικροσκοπίου σας τη διάμετρο 5 κυττάρων μαγιάς και με την κλίμακα που σας δίνεται στον **Πίνακα 3** που ακολουθεί να απαντήσετε στο ερώτημα Β2 του φύλλου εργασίας.
10. Τακτοποιήστε και καθαρίστε τον πάγκο εργασίας σας.

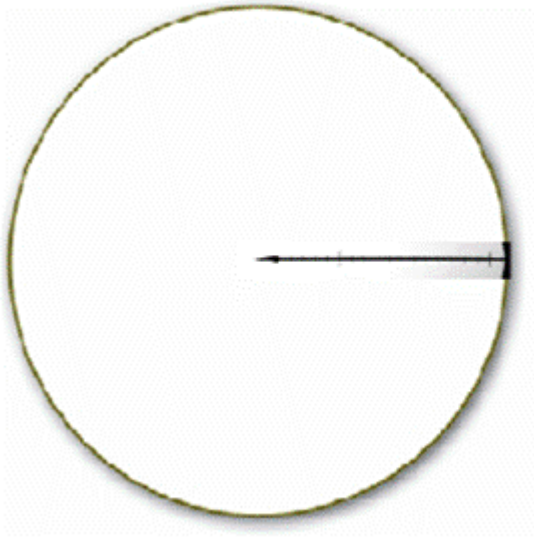


Πίνακας 3

Μεγέθυνση	Μεγάλη υποδιαίρεση	Μικρή υποδιαίρεση
X 40	111 μm	22 μm
X 100	44 μm	8,9 μm
X 400	11 μm	2,2 μm

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2<sup>ης</sup> ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ**

**B1.** Σχεδιάστε μερικά κύτταρα μαγιάς καθώς και κύτταρα που φαίνονται να βρίσκονται σε διαδικασία εκβλάστησης.



Μεγεθυντική ικανότητα προσοφθάλμιου:

.....

Μεγεθυντική ικανότητα αντικειμενικού:

.....

Τελική μεγέθυνση παρασκευάσματος:

.....

**B2.** Να υπολογίσετε τη διάμετρο ενός τυπικού κυττάρου μαγιάς με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήσατε στο βήμα 9.

Διάμετρος ενός τυπικού κυττάρου μαγιάς .....

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Δέδες Χ., Παπανδρέου Α. (2013). Παρατήρηση κυττάρων ζυμομυκήτων. Αλκοολική ζύμωση. Η ανάπτυξη ζυμομυκήτων στη μαγιά, Ε.Κ.Φ.Ε. Δυτ. Αττικής.
2. Ιωαννίδου, Μ., Νικήτα, Β., Στυλιάδης, Κ. (2014). Τοπικός Διαγωνισμός EUSO 2015, Ε.Κ.Φ.Ε. Κέντρου & Τούμπας.
3. Κωνσταντινοπούλου, Β., Γεωργιάτου, Μ. (2015). Τοπικός Διαγωνισμός EUSO 2016, Ε.Κ.Φ.Ε. Χαλανδρίου & Ν. Ιωνίας.
4. <https://sites.google.com/a/newtech.coppellisd.com/emma-s-biology-lab-notebook/lab-reports/fermentation-lab>
5. Καψάλης Α., Μπουρμπουχάκης Ι-Ε, Περάκη Β. Σαλαμαστράκης Σ., (2010). Βιολογία Γενικής Παιδείας Β' Γενικού Λυκείου, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων Διόφαντος.
6. Αλεπόρου-Μαρίνου Β., Αργυροκαστρίτης Α., Κομητοπούλου Α., Πιαλόγλου Π., Σγουρίτσα Β. (2009). Βιολογία Θετικής κατεύθυνσης Γ' τάξης Γενικού Λυκείου, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.