



Piano ISS Presidio UD 1 e UD 2 tutor Daniela Novel

Il lievito, un organismo modello

Esperienza svolta nella classe 2 C del liceo scientifico tecnologico, ITI Malignani, Udine

Premessa

Insegno da una decina d'anni al corso sperimentale di liceo scientifico tecnologico presso l'ITI Malignani di Udine. Questo corso prevede attività curriculari di laboratorio di biologia nel triennio; grazie al piano ISS ho avuto l'opportunità di anticipare la didattica laboratoriale al secondo anno.

I miei obiettivi nell'affrontare questo percorso erano:

- Favorire il processo di formazione della personalità e di un positivo rapporto con gli altri e con l'ambiente attraverso un più diretto coinvolgimento nell'acquisizione di conoscenze relative alle scienze
- Rendere consapevoli gli studenti delle dimensioni dei problemi culturali e metodologici posti dallo studio del fenomeno vita
- Riflettere sulle trasformazioni che avvengono negli esseri viventi, sui flussi di materia e di energia
- Individuare le variabili che possono influenzare la vita

Prerequisiti degli studenti:

caratteristiche generali degli esseri viventi, la cellula, utilizzo del microscopio ottico

Elementi di trasversalità: matematica, chimica fisica

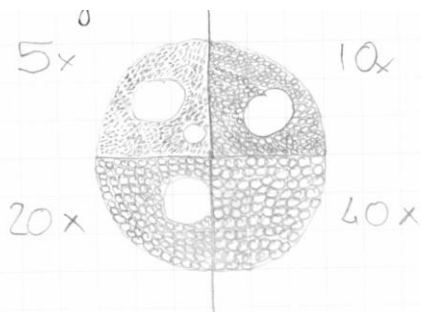
Ai ragazzi, suddivisi in gruppi, è stato fornito un piattino con sopra lievito di birra in cubetto, lievito di birra liofilizzato in bustina, lievito per dolci. Avevano a disposizione microscopi ottici, bicchieri di plastica, farina, zucchero, cucchiaini, pennarelli.

Il lievito vive?



I gruppi si scambiano le idee sul da farsi, l'insegnante passando tra i banchi sente stralci di conversazione (*vediamo se si muovono...*) alcuni pianificano di più, altri sono più empirici e si mettono prima in azione. Tutti iniziano leggendo quello che c'è scritto sulle etichette. Non trovano una risposta al quesito posto.

Un gruppo decide di iniziare allestendo dei preparati a fresco e osservandoli al microscopio ottico. Viene subito emulato dagli altri gruppi, ad eccezione di uno che scioglie i lieviti nei bicchieri. Tutti disegnano quanto osservato



• Osservazione al microscopio: lievito di birra osservabile

Qualcuno descrive "al microscopio si possono notare bollicine che non si muovono", altri "c'è una bollicina con vicino dei pallini"...Manca del tutto un'interpretazione

Qualche gruppo ha osservato mescolando le sostanze a disposizione separatamente nei bicchieri... gruppo; qualcuno fa anche delle previsioni.

abbiamo messo i lieviti in 3 bicchieri diversi con questa farina
 nostre previsioni?

Pl mangia la farina → osserveremo un campione al microscopio
 ci aspetta a vedere se ci fossero bolle o robe simili che indicano il movimento
 del lievito

* Si notano dei grumi di lievito intorno ai quali ci sono dei "pallini"

- col lievito bianco (San Martino) con l'aggiunta di acqua si
 forma schiuma e bolle
- col lievito a pallini aggiungendo acqua non si nota niente di
 particolare, semplicemente si è sciolto
- con farina, acqua e lievito da cucina

dopo qualche giorno: ipotesi → il volume del cubetto
 di lievito è diminuito
 previsioni per i 3 bicchieri: il lievito potrebbe mangiare la farina

Nessuno è in grado di rispondere al quesito interpretando quanto osservato (2 h laboratorio)
 (L'insegnante li vede disorientati)

La volta successiva si discute collettivamente su quanto osservato ed emerso. L'insegnante nota
 come nessuno abbia pensato di risolvere il problema attraverso una ricerca bibliografica a casa.
 L'insegnante decide di ascoltare le loro impressioni, ma nessuno ha idea su come procedere,
 lanciano alcune idee ma non finalizzate, decide quindi di proporre un'altra domanda stimolo.

I viventi da che cosa sono caratterizzati?

Emergono collettivamente le caratteristiche che vengono riportate sulla lavagna.

Da alcuni interventi emerge che, se il lievito vive, deve avere alcune delle caratteristiche dei viventi.

Quindi, alcune caratteristiche che anche noi abbiamo

La classe decide di lavorare su due piste:

"alimentazione" (flusso di materia): se mangia... è vivo

"riproduzione" (ciclo vitale): se si moltiplica... è vivo

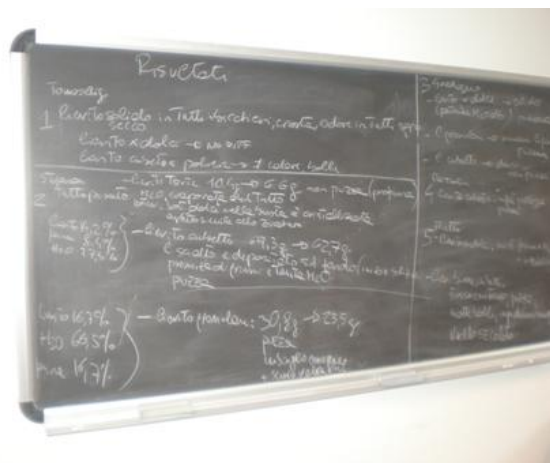
Se mangia... è vivo

Vengono mescolati in tre diversi bicchieri acqua, farina, lievito (ciascun tipo in un bicchiere
 diverso); un gruppo si è portato una bilancia da casa, nonostante il laboratorio scolastico ne sia
 provvisto...



Prendono nota di alcune reazioni subito (effervescenza del lievito per dolci, aspetto degli impasti...)

Il giorno dopo si osserva che cosa è accaduto



Vengono riportati i risultati dei diversi gruppi alla lavagna (ogni ragazzo li ha trascritti sul quaderno)

Perché è importante lavorare sui risultati di tutta la classe e non solo su quelli ottenuti dal proprio gruppo?

Riprende un interrogativo già sollecitato nel caso della precedente esperienza (Passaggio di acqua nelle piante). Gli interventi si focalizzano sull'importanza di avere un maggiore numero di informazioni. Non viene rilevata l'importanza, nell'interpretazione dei risultati, di avere delle repliche della medesima situazione

Rimane ancora una domanda aperta

Tabella risultati collettivi

Vengono riportati i risultati ottenuti dai cinque gruppi in relazione ai miscugli di acqua, farina e lievito, dopo averne osservato i cambiamenti dopo due giorni

Gruppo 1	Lievito per dolci	Effervescenza iniziale, dopo 2 gg non si notano differenze rispetto alla situazione di partenza
Gruppo 2		Effervescenza iniziale, dopo 2 gg si sente profumo e sulle pareti del bicchiere si notano cristalli simili a quelli dello zucchero
Gruppo 3		Si è formato un composto solido che puzza
Gruppo 5		Effervescenza iniziale, dopo 2 gg si è conservata la presenza di un precipitato sul fondo molto simile a quello che si forma in presenza di una soluzione di farina ed acqua. C'è ancora odore di vaniglia
Gruppo 1	Lievito in cubetto e granulare	Le soluzioni sono dense, si possono notare in entrambe bollicine d'aria e manifestano un odore sgradevole
Gruppo 2	Lievito in cubetto	Si nota una parte densa tipo precipitato, si sente puzza, si notano grumi sull'acqua
Gruppo 3	Lievito in cubetto	C'è un impasto omogeneo che mantiene l'odore originario del lievito
Gruppo 4	Lievito in cubetto	Si è notato una strato di muffa bianca in sospensione sull'acqua
Gruppo 2	Lieviti granulare	Si nota un miscuglio omogeneo, molta puzza
Gruppo 3	Lievito granulare	Si è mantenuta una soluzione liquida che puzza
Gruppo 5	Lievito in cubetto e granulare	Si sono formati impasti abbastanza morbidi, con molta puzza e in cui non si distingue più la farina

I ragazzi vengono invitati a riflettere a casa sui risultati ottenuti in modo da poterne discutere l'interpretazione a scuola in modo collettivo

Interpretazione dei risultati in classe (discussione collettiva)

(diario di bordo individuale sulla "riflessione")

Il lievito è lo stesso o sono tipi diversi?

Perlopiù propendono per la seconda ipotesi. Ecco alcune considerazioni tratte dai diari di bordo

"il tipo di lievito usato forse è lo stesso perché anche se appare diverso le funzioni sono le stesse", "i lieviti sono composti da sostanze diverse perché c'è scritto sulle etichette", "non sono uguali perché anche appaiono diversi, chiaramente devono essere simili visto che tutti e tre si chiamano lieviti e fanno le medesime cose", "non si tratta della stessa sostanza, altrimenti avrebbero avuto le stesse reazioni e avrebbero dato lo stesso risultato"

Perché puzza?

"il lievito a cubetti potrebbe puzzare in quanto è privo di sostanze chimiche, quindi è organico e va marcio", "a volte i lieviti puzzano perché sono mescolati con sostanze come la farina che producono composti che poi ammuffiscono". "alcuni sono stati lasciati allo stato naturale e hanno trattenuto l'odore, altri sono stati trattati chimicamente", "perché è vivente e quindi può essere morto o forse è il risultato che hanno i lieviti dopo avere mangiato la farina", "dipende dalle dosi di acqua e farina, forse quando lo utilizziamo si decompone", "potrebbe essere dovuta al fatto che abbiamo messo troppa acqua e quindi si è formata muffa"

Non sempre appare ben chiara la differenza tra sostanza organica e organismo vivente

Possiamo capire se il lievito è vivo?

"non abbiamo abbastanza dati, abbiamo fatto solo delle osservazioni e delle ipotesi ma senza avere conoscenze e dati tali da affermare che il lievito sia vivo", "possiamo dedurre che è vivo perché se unisco alla farina lievito di birra e un po' di acqua, la pastella aumenta di volume e questo grazie al lievito", "per capire se è vivo dobbiamo fare altri esperimenti", "il lievito mangia quindi è vivo in quanto trasforma l'impasto e inoltre si formano anche delle bolle", "penso che il lievito abbia mangiato perché dai dati presi con una bilancia, il peso finale è minore di quello iniziale e non penso sia tutto dovuto all'evaporazione dell'acqua" "il lievito mangia e quindi vive in quanto all'aumentare del volume deve corrispondere un aumento della massa cellulare, che si è accresciuta grazie ad acqua e farina" (non si capisce se si riferisca alle dimensioni o al numero)

Si nota che in qualche studente inizia a farsi strada un'idea di trasformazione; in particolare uno studente sembra avere le idee abbastanza chiare

LIEVITO INSTANTANEO È CHIMICO (NON VIVENTE)

- PRODUCER UNA REAZIONE CON H_2O IN MANIERA VELOCISSIMA, IMPOSSIBILE X UN VIVENTE
- NON PUZZA NÉ "ASCIUTTO" NÉ IMSCIOLTO NELL' H_2O
- NON MODIFICA L'ASPECTO DELLA FARINA O DELL' H_2O
- DOPO POCO TEMPO, IL SUO EFFETTO S'ANNULLA E LA SOLUZIONE RIMASTA È MOLTO SIMILE A QUELLA INIZIALE DI H_2O /FARINA

LIEVITO DI BIRRA VIVO:

- PUZZA SE LASCIATO AL CALDO CON ACQUA H_2O
- SVIUPPA MUFFA
- MODIFICA L'ASPECTO DELLA FARINA
- SVOLGE IL SUO "LAVORO" CONTINUAMENTE

È ORGANICO
È VIVO

LIEVITO DI BIRRA: PUZZA

È DI ORIGINE ORGANICA

È VIVO? NON SONO ANCORA IN GRADO DI RISPONDERE MA PROBAB. È VIVO XCHÈ SI COMPORTA IN MANIERA SIMILE AL LIEVITO DI BIRRA.

Domanda proposta dall'insegnante:

Ci hanno aiutato le osservazioni al microscopio che abbiamo fatto?

"Sono stati osservati pallini", "c'erano bolle d'aria", "erano batteri", "era effervescenza"

Insegnante. Come potete descrivere quanto visto?

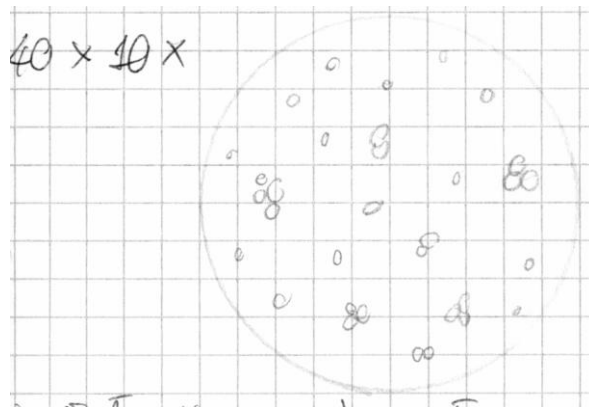
"Erano "batteri" grandi circa 10 micrometri", "i "batteri" stanno fermi, non si muovono", "nei vetrini con acqua farina e lievito ci sono piccole gocce"

Visto che non siamo concordi nel formulare un'ipotesi sulla vitalità del lievito, cosa facciamo?

La classe: indaghiamo su un'altra proprietà dei viventi: la riproduzione

se si riproduce... è vivo

Vengono preparate delle soluzioni con acqua lievito e acqua, allestito un preparato a fresco e osservato al microscopio ottico



Tutti concordano che quei “pallini” sono cellule

Alcuni studenti (non tutti) individuano che ci sono alcune cellule più grandi e altre più piccole, mentre all’inizio di questo percorso, nella prima osservazione (lievito e acqua) avevano tutte le medesime dimensioni. Ritengono che hanno diverse dimensioni perché hanno mangiato lo zucchero, quindi sono vive.

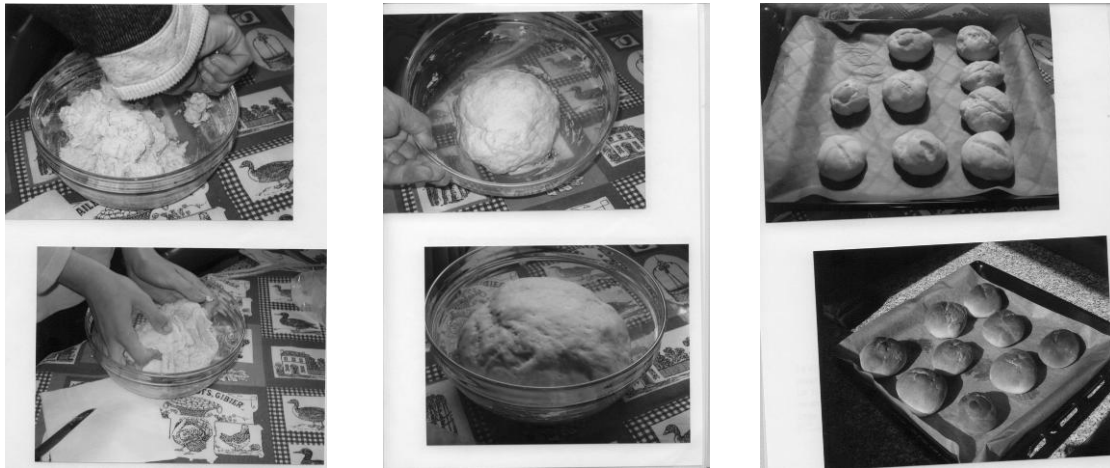
Compiti assegnati

Per le vacanze di Pasqua vengono dati i seguenti compiti:

- 1) fare il pane
- 2) fare una relazione scientifica sull’attività svolta in classe sul lievito che comprenda anche la panificazione, facendo attenzione a correlare le diverse fasi con le necessità del lievito
- 3) fare alcune considerazioni sugli aspetti che abbiamo in comune con un lievito

Risultati delle relazioni svolte

1) Tutti hanno svolto le relazioni, solo la metà degli studenti ha fatto il pane (mi sono dimenticato, non cucino mai, ho la macchina del pane, nessuno a casa mia l’ha mai fatto...).



Un ragazzo ha documentato l'intera attività di panificazione...

2)le relazioni consegnate hanno evidenziato i seguenti aspetti:

- 1) Le relazioni sono complessivamente risultate più orientate a riportare con precisione la metodologia e i risultati che non la loro interpretazione
- 2) L'impostazione generale della relazione scientifica è complessivamente buona a livello di classe (comprendono bene la differenza tra materiali e metodi, risultati, discussione) Entrando nel merito della "qualità" delle singole voci, c'è una tendenza a sintetizzare troppo la metodologia, questo renderebbe in molti casi impossibile riprodurla se un "nuovo" studente si basasse sui loro lavori per rifare l'esperienza. Talvolta nei risultati c'è già un piccolo abbozzo di interpretazione.
- 3) Talvolta le interpretazioni del fenomeno vengono anche chiamate ipotesi
- 4) Possibili interpretazioni sui fenomeni osservati sono più ricche in qualità e quantità di interventi durante la discussione collettiva rispetto a quanto riportato nella singola relazione (*probabile concomitanza con altre verifiche e impegni scolastici*)
- 5) Emergono contraddizioni imputabili a frette nell'esecuzione del compito ("puzzava perché i batteri si decompongono", "il lievito vive perché si riproducono le cellule dei batteri")
- 6) Prevale una forma descrittiva nel riportare i risultati, pochi organizzano i dati in forma tabulare
- 7) In generale vengono riportati molti dati, molte osservazioni ma non sono in grado di utilizzarli (interpretazioni minime e tendenzialmente su aspetti "certi").
- 8) Non tutti i dati "utili" concorrono ad un'interpretazione, la tendenza è usare quelli più recenti (il lievito trasforma l'impasto, utilizza la farina, produce bolle di gas, si riproduce...Sembra che solo quest'ultima attività dimostri che vive!)
- 9) Solo un ragazzo ha messo nella bibliografia anche "diario di bordo"
- 10) Nessuno ha integrato le conoscenze consultando altri testi o sitografia

Riflessioni dell'insegnante sulle relazioni

- 1) Seguire un binario conosciuto può essere fonte di certezze, disorientamento nel "nuovo"
- 2) Nel corso parallelo di chimica fisica gli studenti sono già abituati ad impostare relazioni di tipo scientifico, ma sono abituati ad una forma di narrazione in cui non vengono completamente distinti i metodi dai risultati. Questa "abitudine" si rileva nella relazione di qualcuno

- 3) È stata sottolineata dall'insegnante la differenza tra lessico scritto e lessico parlato. Probabilmente, almeno in parte, questa discrepanza può essere spiegata con la fretteolosità dimostrata nello svolgimento degli adempimenti, dovuta alla concomitanza con altre verifiche e impegni scolastici concentrati medesimo periodo.
- 4) Probabilmente l'errore di chiamare "batteri" i lieviti si origina da una non correzione da parte dell'insegnante durante una discussione collettiva. Non voleva bloccare gli studenti nelle loro riflessioni se ciò che si era osservato al microscopio fosse vivente o no. Pertanto non ha corretto termini come "pallini" e "batteri", entrambi usati in modo improprio. "Batteri" è però stato acquisito dagli studenti in modo improprio; si può parlare di misconoscenza facilitata dall'insegnante.
- 5) Sulla lavagna i dati collettivi non erano stati riportati in forma tabulare e non era stata fatta agli studenti alcuna specifica richiesta al riguardo. Un'abilità interdisciplinare che a questa età già possiedono, non viene utilizzata spontaneamente.
- 6) Probabilmente l'attitudine a ragionare su "fatti" anziché su testi risulta per loro particolarmente difficile; si tratta di "costruire" qualcosa di nuovo senza avere sempre un modello di riferimento.

Conclusioni raggiunte nelle relazioni (sommario complessivo)

Il lievito per dolci è chimico, quindi non vivente

Il lievito in cubetto e quello granulare sono costituiti dalla stessa sostanza e sono viventi

Le prove sono:

I lieviti si riproducono perché ... "al microscopio ottico si sono notate palline più grandi e più piccole; quelle grandi sono lieviti adulti che nutrendosi di zucchero e trovandosi ad una temperatura ideale si sono riprodotti dando origine a cellule figlie (palline più piccole) che si sono accumulate vicino alla cellula madre"

I lieviti mangiano perché... "a differenza del lievito istantaneo provocano una trasformazione nell'impasto e dopo due giorni non distinguo più la farina dall'acqua, come invece accade nel primo lievito", "producono nel tempo un rigonfiamento dell'impasto perché fermentano"

Qualcuno utilizza i termini "mondo vivente" e "sostanza organica" come sinonimi; rimane una domanda aperta

Verifica degli apprendimenti (compito in classe)

Nel compito sul metabolismo cellulare (ossidazione del glucosio affrontata durante le lezioni di teoria) sono state poste anche alcune specifiche domande sul lievito di cui NON avevano esempi nel testo

Ecco alcuni esempi di risposte

SB L'IMPASTO UMIDISSIMO ADOTTA DURANTE LA LIEVITAZIONE, L'AMMONIACA CARBONICA USCIRREBBE (ALMENO IN PARTE) CAUSANDO UN PARZIALE SGONFIAMENTO DELL'IMPASTO. NON SI PUÒ INFORMARE DURANTE LA LIEVITAZIONE PERCHÉ L'ECCESSE DI CALORE PROVOCHEREBBE LA MORTE DEI LIEVITI. DURANTE LA COTTURA L'IMPASTO NON LIEVITA A PUNTO PERCHÉ IL CALORE UCCIDE I LIEVITI.

8) a) Scrivi le fasi della ricetta per fare il pane b) Interpreta le diversi fasi tenendo conto delle esigenze del lievito

*** FASI PER LA PREPARAZIONE:**

- MISCHIARE FARINA, ACQUA, LIEVITO, S. A. (OGNI Kg. DI FARINA), UN CUCCHIAINO DI ZUCCHERO. → LIEVITO AGGIUNTO ZUCCHERO IN QUANTO PERMETTE DI VELOCIZZARE LA RIPRODUZIONE DEL LIEVITO.
- LASCIARE LIEVITARE PER ALMENO UNA ORE O DUE ORE AL CALDO & POSSIBILMENTE COPRENDO L'IMPASTO CON UN PANNICO. → IL CALORE VELOCIZZA LA RIPRODUZIONE DEL LIEVITO. QUINDI LA LIEVITAZIONE DELL'IMPASTO. IL PANE DOPO QUALCHE ORE DI LIEVITAZIONE, SI PUE A BUIRRE LA LIEVITAZIONE, SI PUE A BUIRRE LA LIEVITAZIONE, SI PUE A BUIRRE LA LIEVITAZIONE.
- L'IMPASTO FORMARE I PANI & INFORNARE.

9) Nell'attività di laboratorio abbiamo impastato lieviti con acqua e farina. Quali risultati abbiamo osservato dopo un po' di tempo? In quale modo possono dimostrare che il lievito per dolci non vive mentre gli altri due si?

Quando abbiamo impastato i lieviti al microscopio si è visto che c'è una delle cellule e che nel lievito per dolci non c'è. molto più effervescenza dopo un po' di tempo nei lieviti di birra e lievito per dolci. Effervescenza uberte nel lievito per dolci. Il lievito per dolci non vive perché non ha cellule che producono CO₂ e quindi quando viene a contatto con pasta e con pezzi di cibo i lieviti di birra al microscopio presentano cellule che si riproducono.

11) Secondo te quali caratteristiche hai in comune con il lievito?

Anche nel mio corpo avviene la respirazione delle cellule che permettono la mia crescita e anche in pasta subisce un processo di fermentazione; quando i muscoli faticano che viene gli zuccheri e quindi piruvato viene trasformato in acido lattico. Nel lievito la fermentazione è alcolica, ma è comunque un fattore comune.

12) I lieviti sono cellule che in assenza di ossigeno attuano la fermentazione, mentre in presenza di ossigeno hanno maggiori capacità di crescita e di riproduzione. Tenendo conto di ciò, se nella fabbricazione del vino il mosto venisse aerato costantemente, che effetti si avrebbero sul prodotto finale?

In questo caso non avvenirebbe la fermentazione e di conseguenza il succo di frutta non contenebbe alcool e non sarebbe quindi vino.

Al fine di valutare la ritenzione delle informazioni a medio termine, in un compito in classe successivo (volto ad accertare conoscenze/competenze relative a mitosi, meiosi, riproduzione cellulare), svolto circa un mese dopo la conclusione dell'attività sperimentale, è stata inserita l'ultima domanda riportata in tabella (In laboratorio abbiamo visto al microscopio che il lievito si riproduce. Spiega il fenomeno in base alle conoscenze acquisite relative a mitosi, meiosi, ciclo cellulare. Quali caratteristiche ha in comune con un organismo pluricellulare?)

Risultati riportati nei compiti in classe (classe composta da 23 studenti)

Quesito	Risposta corretta, abbastanza completa	Risposta parziale	Risposta errata o non data
Perché si muore per annegamento? Rispondi riferendoti al processo di respirazione cellulare	16	4	3
a) Scrivi le fasi della ricetta per fare il pane b) Interpreta le diversi fasi tenendo conto delle esigenze del lievito	15	6	1
Nell'attività di laboratorio abbiamo impastato lieviti con acqua e farina. Quali risultati abbiamo osservato dopo un po' di tempo? In quale modo possono dimostrare che il lievito per dolci non vive mentre gli altri due si?	8	15	0

Secondo te quali caratteristiche hai in comune con il lievito?	15	7	1
I lieviti sono cellule che in assenza di ossigeno attuano la fermentazione, mentre in presenza di ossigeno hanno maggiori capacità di crescita e di riproduzione. Tenendo conto di ciò, se nella fabbricazione del vino il mosto venisse aerato costantemente, che effetti si avrebbero sul prodotto finale?	0	15	8
In laboratorio abbiamo visto al microscopio che il lievito si riproduce. Spiega il fenomeno in base alle conoscenze acquisite relative a mitosi, meiosi, ciclo cellulare. Quali caratteristiche ha in comune con un organismo pluricellulare?	8	11	4

Considerazioni dell'insegnante sui risultati dei compiti

- 1) Emerge una difficoltà nei ragazzi di questa età ad argomentare in maniera esauriente una risposta; talvolta sembra che diano lo stesso valore “all’aver capito” e “all’aver saputo spiegare”. Emerge l’esigenza di lavorare, in seguito, facendo argomentare le loro deduzioni sulla base dell’evidenza dei fatti
- 2) Quando una richiesta giunge a distanza di tempo senza preavviso (ultima domanda), permane la comprensione dell’argomento, ma la risposta è più approssimativa
- 3) La domanda sul vino è risultata per loro particolarmente impegnativa. Era necessario infatti contestualizzare in nuovo ambito quanto appreso in laboratorio e possedere adeguate conoscenze teoriche. Si può ipotizzare che facciano difficoltà a coniugare il “versante teorico” con quello “pratico sperimentale” e/o che si orientino nell’interpretare fenomeni che hanno sperimentato di persona, trovino invece difficoltà nell’interpretazione degli stessi processi in contesto diverso. È vero apprendimento?

Riflessioni conclusive

Negli studenti non abituati a lavorare con questa metodologia si nota poca autonomia e molto disorientamento. Lavorare “senza binari” è per loro molto difficoltoso. Hanno un obiettivo, non sanno come raggiungerlo, come impostare prove significative, a volte, addirittura, cosa osservare. Viene ad essere fondamentale il ruolo di mediatore dell’insegnante che, attraverso opportune domande stimolo può “indirizzare”, attraverso un processo di ricerca azione, verso una soluzione. La stessa problematica si ripropone durante l’analisi collettiva risultati; dinnanzi a una pluralità di dati, faticano ad interpretare, emerge una difficoltà a pensare in assenza di un modello di riferimento, senza sapere cosa “vuole” l’insegnante, senza che un libro dia la certezza. Questa incertezza accompagnata al timore di esporsi si coglie anche prima delle discussioni collettive; quando, invitati a scrivere le opinioni personali su un post it, quasi nessuno mette il nome. Avere svolto una precedente esperienza di questo tipo (movimenti d’acqua nelle piante), non ha modificato i loro comportamenti che necessitano per cambiare di tempi più lunghi. In fondo, un arco temporale di quattro mesi in cui si è proposta una didattica laboratoriale di ricerca azione, ha un peso relativo rispetto a tutti gli anni in cui nell’apprendimento sono state usate altre modalità. Il metodo scientifico viene parzialmente colto, in particolare in relazione all’importanza di un controllo e di avere delle repliche

In relazione agli organizzatori concettuali sollecitati con tale percorso, sono stati colti dagli studenti in particolare la trasformazione (flusso di materia, flusso di energia), la ciclicità (ciclo vitale) ed è stata utilizzata la comparazione.

Rimane aperto per il prossimo anno l’indagine su come l’uomo utilizzi questo organismo nelle biotecnologie tradizionali, ad esempio nella birrificazione