

## Anàlisi d'experiències sobre fermentació Informació addicional pel professorat

La fermentació és un procés catabòlic en el que no intervé la cadena respiratòria, de manera que no es pot utilitzar oxigen de l'aire com acceptor d'electrons i per tant, sempre és un procés anaeròbic. L'acceptor final de protons i electrons no és una molècula inorgànica, sinó un compost orgànic.

Segons quin sigui el producte orgànic resultant es distingeixen diferents tipus de fermentacions. Les més habituals són la fermentació làctica i la fermentació alcohòlica.

A la fermentació làctica es produeix àcid làctic a partir de la degradació de la glucosa. Primer es du a terme la glicòlisi i s'obtenen 2 ATP i dos NADH+H<sup>+</sup> (reduïts), i posteriorment el coenzim es oxidat donant-se lloc la fermentació evitant un bloqueig del procés per manca de coenzims oxidats NAD<sup>+</sup>. Es produeix en molts bacteris (bacteris làctics), també en alguns protozous i en el múscul esquelètic humà. És responsable de la producció de productes lactis acidificats: iogurt, formatges, quallada, crema àcida, etc.

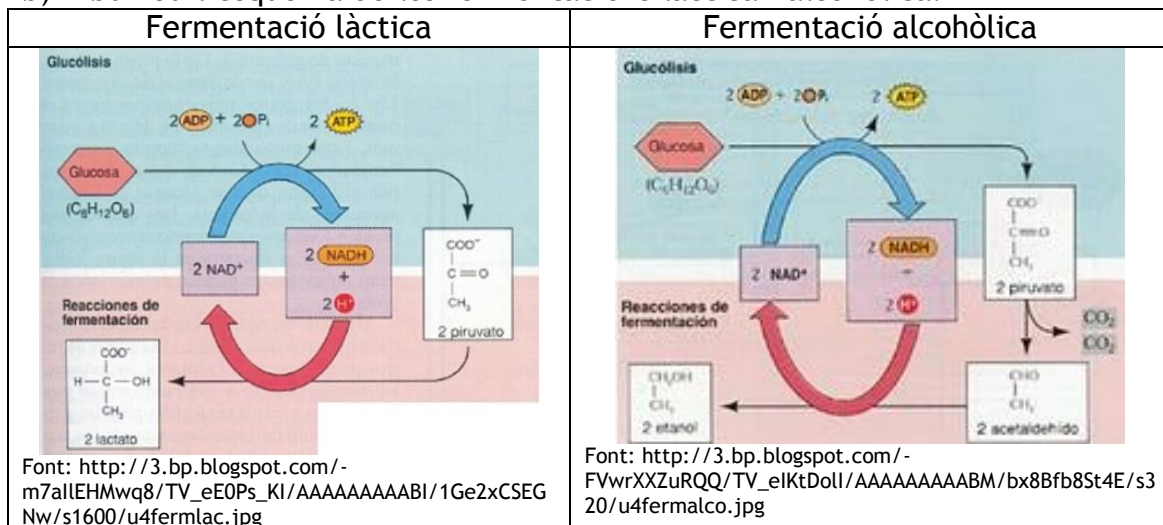
La fermentació alcohòlica és la transformació d'àcid pirúvic en etanol o diòxid de carboni. Es produeix en llevats, altres fongs i alguns bacteris. La fermentació alcohòlica és la base de les següents aplicacions en l'alimentació humana: pa, cervesa, vi i altres.

### **Respostes a les preguntes:**

1.- a) Els iogurts són el resultat de la fermentació dels glúcids presents a la llet. A la taula següent: (activitat adaptada de selectivitat 2004)

Què és la fermentació	La fermentació és una via metabòlica anaeròbica, d'oxidació parcial del substrat i que té lloc a citosol de les cèl·lules i mitjançant el qual un grup de bacteris, llevat i altres cèl·lules obtenen la seva energia	
Tipus	Làctica	Alcohòlica
Substrat	Glucosa	Glucosa
Productes finals	Àcid làctic	Alcohol etílic i CO <sub>2</sub>
Tipus de cèl·lules	Bacteris del gènere <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i>	Llevat del gènere <i>Sccharomyces</i>

b) Dibuixeu l'esquema de les fermentacions làctica i alcohòlica.



2.- a) Quin tipus de substància és la cel·lulasa? Quina funció biològica té la cel·lulasa per a aquest fong?

La cel·lulasa és un enzim. Al fong *Trichoderma reesei* li serveix per obtenir glucosa a partir de la degradació de la cel·lulosa de la qual es nodreix.

b) Per obtenir l'etanol a partir de la glucosa s'utilitzen grans tancs amb llevats del gènere *Saccharomyces*. Com s'anomena el procés metabòlic que duen a terme aquests llevats? Completeu el següent esquema que el representa.

Nom del procés metabòlic: fermentació alcohòlica.



3.- a) Formuleu en forma de pregunta el problema que s'investiga. Quines són les variables dependent i independent d'aquesta investigació?

Podem acceptar respostes com les següents :

- Influeix la temperatura en la fermentació del llevat ?, (o com ho fa?)
- Hi ha relació entre la temperatura i la fermentació ?

Les variables de l'experiment són :

- variable independent : temperatura,
- variable dependent : fermentació del llevat

b) Dissenyu un experiment per tal d'investigar com afecta la temperatura a la fermentació del llevat.

Les línies bàsiques del disseny que ha d'elaborar l'alumnat són les següents :

- En muntatges diferents sotmesos a les mateixes condicions es varia la temperatura (30°, 35°, 40°C).
- Es vigilen altres condicions que puguin afectar a l'experiment (la durada de cada experiment, la quantitat de llevat que s'usa a l'experiment, etc ...), cal que siguin les mateixes en tots els muntatges.
- Es determina la quantitat de gas que s'ha després passat un temps determinat.

L'alumnat podria optar per incloure rèpliques de l'experiment, la qual cosa es valorarà positivament. També pot proposar dissenys més complexos. En cada cas es valorarà la validesa de la proposta.

c) i) Ambdós processos tenen el mateix rendiment energètic? Justifiqueu la vostra resposta.

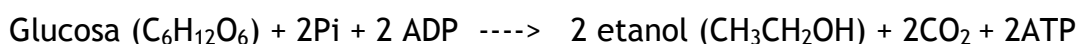
La respiració cel·lular té un rendiment energètic molt superior al de la fermentació (38 i 2 ATP respectivament). Les diferències són degudes fonamentalment a que en la respiració cel·lular es produeix l'oxidació total dels substrats, cosa que no succeeix al llarg de la fermentació.

ii) Empleneu la taula següent de diferències entre ambdós processos. En el cas de la fermentació podeu escollir entre la làctica o l'alcohòlica.

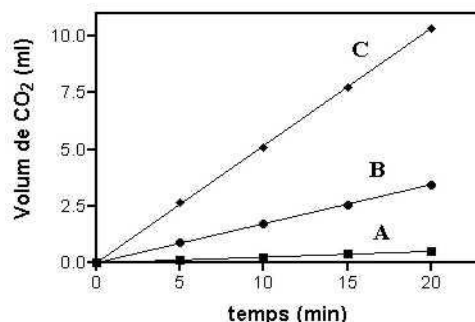
	Fermentacions (làctica o alcohòlica)	Respiració cel·lular (aeròbica)
Substrats	Àcid pirúvic	Glucosa
Productes finals	Lactat (f. Làctica) Alcohol etílic i CO <sub>2</sub> (f.alcohòlica)	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O
Compartiments cel·lulars on es realitza	Citosol	Citosol i mitocondri
Exemples de cèl·lules que realitzen algun tipus de fermentació (excloses les dels llevats)	P. ex. Les cèl·lules musculars, bacteris fermentadors	Pràcticament universal (estrictament, NO caldria respondre aquesta casella perquè es pregunta algun tipus de fermentació)

4.- a) Quin procés biològic es du a terme en el sacarímetre? Escriviu la reacció química aproximada.

El procés s'anomena de fermentació alcohòlica. En condicions d'anaerobiosi la glucosa és transformada fins a 2 molècules de piruvat, les quals són transformades fins a etanol i CO<sub>2</sub>. En la reacció s'obté energia en forma d'ATP:



b) Representeu gràficament, en un mateix sistema d'eixos, els resultats de la taula.



c) A què creieu que son degudes aquestes diferències? Justifiqueu-ho  
Com a la majoria de reaccions químiques, la velocitat de les reaccions catalitzades per enzims s'incrementa amb la temperatura (sempre que no s'arribi a una temperatura a la que es desnaturalitzin els enzims que catalitzen la reacció)

5.- a) Indiqueu el nom dels processos i dels productes senyalats.

	I	II
<b>Processos</b>	Glucòlisi o glicòlisi	Fermentació o fermentació alcohòlica

	A	B
<b>Productes</b>	Piruvat o àcid pirúvic	Etanol o alcohol

b) Quin problema s'investiga en aquest experiment? Quina és la variable independent i quina la dependent?

<b>Problema a investigar</b>	- La velocitat de la reacció augmenta en afegir-hi quantitats creixents de llevat? (o preguntes que relacionin la velocitat de reacció o alternativament el "volum de CO <sub>2</sub> produït per unitat de temps" amb l'increment de la quantitat de llevat)
<b>Variable independent</b>	- Quantitat -o concentració- de llevat - si es fa esment del temps, com que es troba a l'eix de la gràfica, malgrat no ser estrictament la variable independent.
<b>Variable dependent</b>	- Velocitat de la reacció; o Volum de CO <sub>2</sub> produït per unitat de temps, o quantitat de CO <sub>2</sub> produït per unitat de temps; o CO <sub>2</sub> produït per unitat de temps.

c) Si aquest mateix experiment s'hagués fet a 20°C o, alternativament, a 70°C, els resultats no haurien estat els mateixos. Expliqueu per què.

- A 20°C, la velocitat de la reacció hauria estat inferior, perquè si disminuïm la temperatura del sistema disminuirà la velocitat de la reacció (o si augmenta la temperatura del sistema augmentarà la de reacció).

- A 70°C, la velocitat de la reacció hauria estat nul·la perquè s'hauria produït la mort dels llevats per desnaturalització de les proteïnes.

Cal que facin referència a les dues possibilitats que es demanen a l'enunciat: 20°C i 70°C. A temperatures de 70°C les proteïnes dels llevats es desnaturalitzen.