

# METABOLISMO ENERGÉTICO

Prof. Kennedy Ramos

## UNIDADE 10: Fermentação Alcoólica e Acética

### Fermentação

#### Liberação de energia através da fermentação

A fermentação não deve ser confundida com a respiração anaeróbica (processo no qual algumas bactérias produzem energia anaerobicamente formando resíduos inorgânicos). Trata-se, na verdade, de um processo anaeróbio de transformação de uma substância em outra, produzida a partir de microorganismos, tais como bactérias e fungos, chamados nestes casos de fermentos.

A fermentação é um conjunto de reações químicas controladas enzimaticamente, em que uma molécula orgânica (geralmente a glicose) é degradada em compostos mais simples, libertando energia. Em alguns casos a fermentação é usada para modificar um material cuja modificação seria difícil ou muito cara se métodos químicos convencionais fossem escolhidos.

É importante perceber que as reações químicas da fermentação são equivalentes às da glicólise. A desmontagem da **glicose** é parcial, são produzidos resíduos de tamanho molecular maior que os produzidos na respiração e o rendimento em ATP é pequeno.

#### Como pode ocorrer a fermentação?

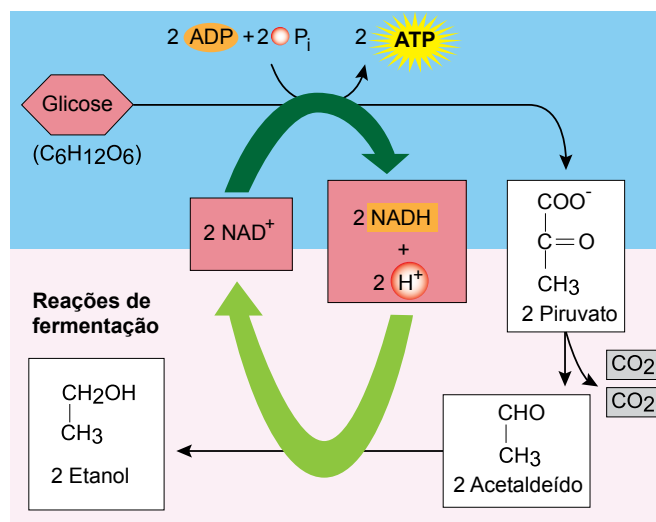
Há dois tipos de fermentação:

- **Fermentação Aeróbica:** ocorre na presença de oxigênio do ar, como por exemplo, no ácido cítrico e na penicilina.
- **Fermentação Anaeróbica:** ocorre na ausência de oxigênio, como por exemplo, na cerveja, no vinagre, no iogurte e até em câimbras.

#### Fermentação Alcoólica

As leveduras e algumas bactérias fermentam açúcares, produzindo álcool etílico e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), processo denominado **fermentação alcoólica**.

Na fermentação alcoólica, as duas moléculas de ácido pirúvico produzidas são convertidas em álcool etílico (também chamado de etanol), com a liberação de duas moléculas de  $\text{CO}_2$  e a formação de duas moléculas de ATP.



Esse tipo de fermentação é realizado por diversos microorganismos, destacando-se os chamados “fungos de cerveja”, da espécie ***Saccharomyces cerevisiae***.

O homem utiliza os dois produtos dessa fermentação: o álcool etílico empregado há milênios na fabricação de bebidas alcoólicas (vinhos, cervejas, cachaças etc.), e o gás carbônico importante na fabricação do pão, um dos mais tradicionais alimentos da humanidade.

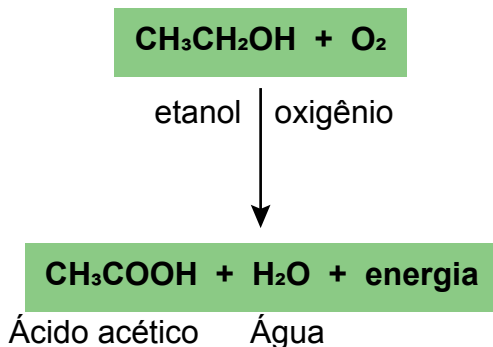
Mais recentemente tem-se utilizado esses fungos para a produção industrial de álcool combustível.

Os fungos que fermentam também são capazes de respirar aerobicamente, **no caso de haver oxigênio no meio de vida**.

Com isso, a glicose por eles utilizada é mais profundamente transformada e o saldo em energia é maior, **38 ATP**, do que os **2 ATP obtidos na fermentação**.

## Fermentação Acética

As acetobactérias fazem fermentação acética, em que o produto final é o ácido acético. Elas provocam o azedamento do vinho e dos sucos de frutas, sendo responsáveis pela produção de vinagres.



### ATIVIDADES PROPOSTAS



**01. (Fac. Albert Einstein - Medicin) Troels Prahl, mestre cervejeiro e microbiólogo da distribuidora de lêvedo White Labs, está diante de quatro copos de cerveja. Entre um gole e outro, ele descreve cada uma.**

(...) As cores das cervejas são tão diferentes quanto seus sabores, variando de dourado enevoado a âmbar transparente. (...) Após milhares de anos de domesticação involuntária, os lêvedos – os micro-organismos que fermentam grãos, água e lúpulo para que se transformem em cerveja – são tão distintos quanto a bebida que produzem.

(THE NEW YORK TIMES INTERNATIONAL WEEKLY, 10/ junho/2014)

**As afirmações abaixo estão relacionadas direta ou indiretamente com o texto. Assinale a INCORRETA.**

- Lêvedos ou leveduras realizam o processo de fermentação alcoólica, no qual há liberação de gás carbônico.
- Lêvedos ou leveduras realizam o processo de fermentação alcoólica, no qual há produção de etanol e de ATP.
- Aromas e cores diferentes de cerveja devem-se a diferentes processos de fermentação que ocorrem nos cloroplastos das células de cada variedade específica de lêvedo.
- Aromas e cores diferentes de cerveja devem-se a diferenças na sequência de bases nitrogenadas do DNA dos vários tipos de lêvedos utilizados.



**02. (Ufsm) Revendo a história da alimentação, verifica-se que o pão se tornou um alimento-símbolo. Na fabricação de alguns pães, adiciona-se fermento químico ou biológico para a massa expandir-se e tornar-se macia. Isso acontece devido à produção de**

- oxigênio.
- ácido pirúvico.
- gás carbônico.
- ácido láctico.
- açúcares.



**03. (Pucrs) Na fabricação da cerveja, a fermentação transforma o açúcar do cereal em álcool. O mesmo processo é usado no preparo da massa de bolos e pães, onde os fermentos consomem o açúcar da farinha e liberam o gás carbônico que aumenta o volume da massa. Esse açúcar é \_\_\_\_\_ que deriva do amido, um \_\_\_\_\_, sintetizado por \_\_\_\_\_ como reserva energética.**

- a glicose – polissacarídeo – vegetais
- a glicose – polipeptídeo – fungos e plantas
- o glicogênio – polissacarídeo – fungos e plantas
- o glicogênio – polipeptídeo – fungos e plantas
- o glicogênio – polissacarídeo – vegetais.



**04. (Fgv) Sovar a massa do pão significa amassá-la vigorosamente, batê-la contra o tampo de uma mesa até que fique bem compactada. Segundo os cozinheiros, se a massa não for bem sovada, o pão "desanda", não "cresce". Esse procedimento justifica-se, pois permite a mistura adequada dos ingredientes,**

- dentre os quais leveduras aeróbicas estritas que, misturadas à massa, realizam respiração aeróbica, convertendo os carboidratos da receita em CO<sub>2</sub> e água. O CO<sub>2</sub> permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- dentre os quais bactérias fermentadoras que, misturadas à massa, realizam fermentação láctica, convertendo a lactose do leite da receita em CO<sub>2</sub> e ácido láctico. O CO<sub>2</sub> permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- dentre os quais leveduras aeróbicas facultativas que, misturadas à massa, realizam respiração aeróbica, convertendo os carboidratos da receita em CO<sub>2</sub> e água. O CO<sub>2</sub> permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.

- d) além de propiciar um ambiente anaeróbico adequado para as leveduras anaeróbicas facultativas realizarem fermentação alcoólica, convertendo os carboidratos da receita em  $\text{CO}_2$  e álcool. O  $\text{CO}_2$  permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- e) além de incorporar à massa o ar atmosférico. Nesse ambiente aeróbico, leveduras aeróbicas estritas realizam fermentação alcoólica, convertendo os carboidratos da receita em  $\text{CO}_2$  e álcool. O  $\text{CO}_2$  permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume..



**05. (Pucrj) A produção de álcool combustível a partir do açúcar da cana está diretamente relacionada a qual dos processos metabólicos de microrganismos a seguir relacionados:**

- a) Respiração.  
b) Fermentação.  
c) Digestão.  
d) Fixação de  $\text{N}_2$ .  
e) Quimiossíntese.



## ATIVIDADES ENEM



**06. (MODELO ENEM) Para preparar uma massa básica de pão, deve-se misturar apenas farinha, água, sal e fermento.**

**Parte do trabalho deixa-se para o fungo presente no fermento: ele utiliza amido e açúcares da farinha em reações químicas que resultam na produção de alguns outros compostos importantes no processo de crescimento da massa. Antes de assar, é importante que a massa seja deixada num recipiente por algumas horas para que o processo de fermentação ocorra.**

**Esse período de espera é importante para que a massa cresça, pois é quando ocorre a:**

- a) reprodução do fungo na massa.  
b) formação de dióxido de carbono.  
c) liberação de energia pelos fungos.  
d) transformação da água líquida em vapor d'água.  
e) evaporação do álcool formado na decomposição dos açúcares..



**07. (MODELO ENEM) Profundamente relacionado à história e à cultura de diferentes povos, o vinho é uma das bebidas alcoólicas mais antigas do mundo.**

**Sobre sua fermentação, fase do processo produtivo em que o suco de uva se transforma em bebida alcoólica, é correto afirmar que**

- a) é um processo que compreende um conjunto de reações enzimáticas, no qual ocorre a liberação de energia, por meio da participação do oxigênio.  
b) diferentemente do que acontece na respiração, a glicose é a molécula primordialmente utilizada como ponto de partida para a realização do processo de fermentação.  
c) o vinho é produzido por bactérias denominadas leveduras que, por meio da fermentação alcoólica, produzem o álcool dessa bebida.  
d) embora pequena quantidade da energia contida na molécula de glicose seja disponibilizada (apenas 2 ATP), a fermentação é fundamental para que os microrganismos realizem suas atividades vitais..



**08. (MODELO ENEM) O processo de fermentação é uma atividade biológica que os seres humanos utilizam para a produção de alimentos há bastante tempo, mesmo antes da industrialização. Sobre esse tema, é correto afirmar que:**

- a) a cachaça e o álcool combustível são obtidos pela fermentação dos açúcares presentes na cana.  
b) a fermentação é um tipo de respiração que consome  $\text{O}_2$  livre.  
c) bactérias, vírus e protozoários são frequentemente utilizados pela indústria para a produção de alimentos.  
d) bebidas lácteas e queijos são produzidos a partir da fermentação láctica e alcoólica, respectivamente.  
e) O trifosfato de adenosina (ATP), liberado durante a fermentação da farinha de trigo, faz com que o pão cresça.



**09. (MODELO ENEM) A lei 7678 de 1988 define que “vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura”. Na produção de vinho, são utilizadas leveduras anaeróbicas facultativas. Os pequenos produtores adicionam essas leveduras ao mosto (uvas esmagadas, suco e cascas) com os tanques abertos, para que elas se reproduzam mais rapidamente. Posteriormente, os tanques são hermeticamente fechados. Nessas condições, pode-se afirmar, corretamente, que.**

- a) o vinho se forma somente após o fechamento dos tanques, pois, na fase anterior, os produtos da ação das leveduras são a água e o gás carbônico.

- b) o vinho começa a ser formado já com os tanques abertos, pois o produto da ação das leveduras, nessa fase, é utilizado depois como substrato para a fermentação.
- c) a fermentação ocorre principalmente durante a reprodução das leveduras, pois esses organismos necessitam de grande aporte de energia para sua multiplicação.
- d) a fermentação só é possível se, antes, houver um processo de respiração aeróbica que forneça energia para as etapas posteriores, que são anaeróbicas.
- e) o vinho se forma somente quando os tanques voltam a ser abertos, após a fermentação se completar, para que as leveduras realizem respiração aeróbica.



**10. (MODELO ENEM) A fabricação de cerveja envolve a atuação de enzimas amilases sobre as moléculas de amido da cevada. Sob temperatura de cerca de 65 °C, ocorre a conversão do amido em maltose e glicose. O caldo obtido (mosto) é fervido para a inativação das enzimas. Após o resfriamento e a filtração, são adicionados o lúpulo e a levedura para que ocorra a fermentação. A cerveja sofre maturação de 4 a 40 dias, para ser engarrafada e pasteurizada. Dentre as etapas descritas, a atividade biológica no processo ocorre durante o(a):**

- a) filtração do mosto.
- b) resfriamento do mosto.
- c) pasteurização da bebida.
- d) fermentação da maltose e da glicose.
- e) inativação enzimática no aquecimento.



## GABARITOS

### QUESTÃO 01: Gabarito: [C]

**Comentário:** Os lêvedos são fungos unicelulares heterótrofos, isto é, não possuem a capacidade de realizar a fotossíntese, pois não apresentam cloroplastos ou clorofilas.

### QUESTÃO 02: Gabarito: [C]

**Comentário:** Durante o processo de fermentação da massa do pão ocorre a liberação de gás carbônico, o qual estufa a massa.

### QUESTÃO 03: Gabarito: [A]

**Comentário:** A glicose é um monossacarídeo derivado da hidrólise do amido, um polissacarídeo de reserva energética dos vegetais.

### Questão 04: Gabarito: [D]

### Questão 05: Gabarito: [B]

### Questão 06: Gabarito: [B]

**Comentário:** A produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), durante a fermentação alcoólica realizada por micro-organismos do gênero *Saccharomyces*, resulta no crescimento da massa do pão.

### Questão 07: Gabarito: [D]

**Comentário:** Durante a produção do vinho são utilizadas as leveduras. Esses fungos unicelulares realizam a fermentação alcoólica, cujo rendimento energético é igual a 2 ATP por mol de glicose fermentada, sendo suficiente para que os micro-organismos realizem suas atividades vitais.

### Questão 08: Gabarito: [A]

**Comentário:** A fermentação é um processo de produção de energia (ATP), iniciando-se com a quebra de glicose, açúcar presente no citosol das células, produzindo diversos produtos, como cachaça, álcool combustível, iogurtes e queijos. A fermentação ocorre na ausência de oxigênio. Bactérias e fungos são frequentemente utilizados na indústria alimentícia. A fermentação láctea é responsável pela produção de bebidas lácteas e queijos, enquanto que a fermentação alcoólica produz bebidas alcoólicas, combustível e pães. O pão cresce pela liberação de gás carbônico.

### Questão 09: Gabarito:[A]

**Comentário:** As leveduras utilizadas na produção vinícola são fungos unicelulares anaeróbicos facultativos. Misturados ao mosto das uvas em tanques abertos, eles realizam a respiração aeróbica, liberando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Em tanques fechados, em ambiente anóxico, as leveduras realizam a fermentação alcoólica, produzindo o álcool etílico e CO<sub>2</sub>.

### Questão 10: Gabarito: [D]

**Comentário:** A atividade biológica dos fermentos utilizados na produção de cerveja ocorreu durante a conversão da maltose em glicose e, posteriormente, a transformação anaeróbica da glicose em álcool etílico e gás carbônico.

## REFERENCIAL TEÓRICO

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Fundamentos da Biologia Celular. Porto Alegre: Artmed, 3ed. 2011.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2000.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Biologia Molecular da Célula. Porto Alegre: Artmed, 5ed. 2008.

COOPER G.M. & HAUSMAN R.E. A Célula: uma abordagem molecular. 3ed. Porto Alegre, Artmed, 2007.

JUNQUEIRA L.C.U., CARNEIRO J. Biologia Celular e Molecular. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2005.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 1 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 2 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010

LOPES, S.; ROSSO, S.; BIO volume 2. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; Biologia,