

METABOLISMO E CRESCIMENTO BACTERIANO

META

Introduzir alguns conceitos sobre metabolismo e crescimento bacteriano e os fatores que influenciam o crescimento das bactérias

OBJETIVOS

O final desta aula o aluno deverá:
conceber as diferenças e similitudes físicas e orgânicas necessárias ao cultivo das bactérias; descrever o crescimento bacteriano em todas as suas fases e entender as diferentes formas de obtenção de energia pelas bactérias

PRÉ-REQUISITOS

Antes de acompanhar esta aula o aluno deverá revisar conceitos de biologia estudados no ensino médio



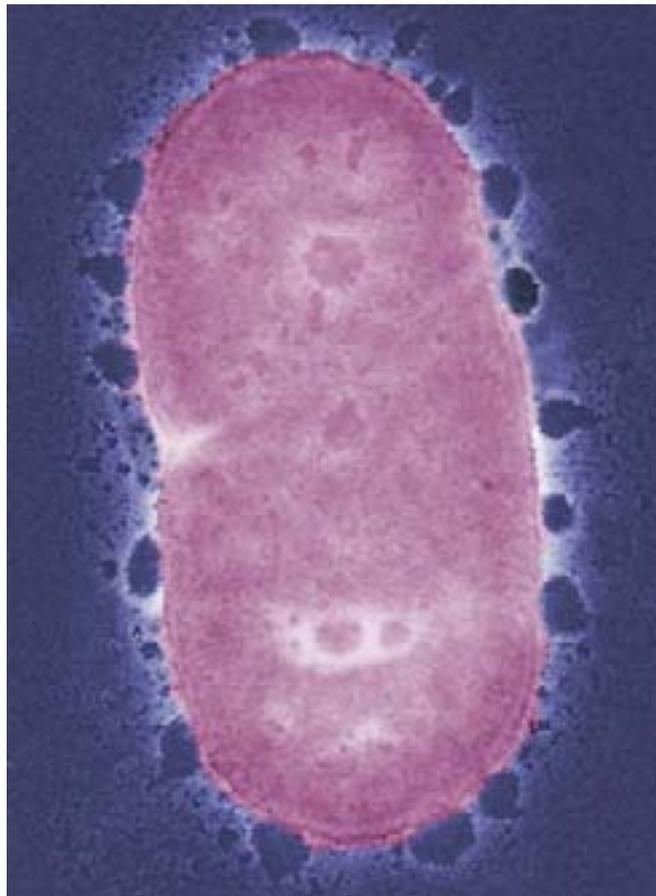
Pseudomonas são bactérias que possuem uma maior flexibilidade nutricional, podendo sintetizar muitos de seus metabólitos a partir de precursores simples. Por isso, é comum sua presença em diversos ambientes.

(Fontes: <http://www.tau.ac.il/>)

INTRODUÇÃO

O crescimento e divisão celulares necessitam de um ambiente propício com todos os constituintes químicos e físicos necessários para o seu metabolismo. Essas necessidades específicas são dependentes de informações genéticas para cada espécie bacteriana. Algumas espécies com vasta flexibilidade nutricional, como as *Pseudomonas*, são capazes de sintetizar muitos de seus metabólitos a partir de precursores simples, enquanto outras espécies são mais exigentes, como as *Porphyromonas* e *Treponema*, que necessitam de nutrientes complexos para o crescimento e reprodução.

A análise das estruturas bacterianas revela que sua arquitetura é formada por diferentes macromoléculas, em particular, proteínas e ácidos nucleicos. Os precursores das macromoléculas podem ser retirados do meio ambiente ou ser sintetizados pelas bactérias a partir de compostos mais simples. A alternativa escolhida vai depender da disponibilidade do composto no meio e da capacidade de síntese do microrganismo. As substâncias ou elementos retirados do ambiente e usados para construir novos componentes celulares ou para obter energia são chamados nutrientes.



Porphyromonas gingivalis, que pode ser encontrada na cavidade oral, necessita de nutrientes complexos para o seu crescimento e reprodução. Assim, não são capazes de se desenvolver em diversos meios. (Fontes: <http://farm3.static.flickr.com/>)

NUTRIENTES

Os nutrientes podem ser divididos em duas classes: macronutrientes e micronutrientes. Ambos os tipos são imprescindíveis, mas os primeiros são requeridos em grandes quantidades por serem os principais constituintes dos compostos orgânicos celulares e / ou serem utilizados como combustível.

MACRONUTRIENTES

Carbono: está presente na maioria das substâncias que compõem as células. As bactérias podem utilizar o carbono inorgânico existente no ambiente, na forma de carbonatos ou de CO_2 como única fonte de carbono. São neste caso chamadas de autotróficas. Os microrganismos que obrigatoriamente requerem uma fonte orgânica de carbono são denominados heterotróficos e as principais fontes, são os carboidratos.

Oxigênio: é requerido na forma molecular como aceptor final na cadeia de transporte de elétrons aeróbia. Também é elemento importante em várias moléculas orgânicas e inorgânicas.

Hidrogênio: como componente muito freqüente da matéria orgânica e inorgânica, também constitui um elemento comum de todo material celular.

Nitrogênio: é componente de proteínas e ácidos nucleicos, além de vitaminas e outros compostos celulares. Está disponível na natureza sob a forma de gás (N_2) ou na forma combinada. Sua utilização como N_2 é restrita a um grupo de bactérias cujo principal habitat é o solo. Na forma combinada, o nitrogênio é encontrado como matéria inorgânica (NH_3 , NO_3 , etc.) ou matéria orgânica: aminoácidos, purinas e pirimidinas.

Enxofre: faz parte de aminoácidos (cisteína e metionina), de vitaminas e grupos prostéticos de várias proteínas importantes em reações de óxido-redução. Da mesma forma que o nitrogênio, o enxofre pode ser encontrado no ambiente nas formas elementar, oxidada e reduzida; estas duas últimas aparecem como compostos orgânicos e inorgânicos. Todas as alternativas citadas podem ser utilizadas pelas bactérias, porém são os sulfatos (SO_4^{2-}) inorgânicos ou os aminoácidos as formas preferencialmente assimiladas. Na forma oxidada, também pode ser aceptor final de elétrons das cadeias de transporte de elétrons anaeróbias.

Fósforo: é encontrado na célula na forma combinada a moléculas importantes como os nucleotídeos (ATP, CTP, GTP, UTP, TTP) e como fosfato inorgânico; nesta última forma é incorporado através de poucas reações metabólicas, embora uma delas seja de fundamental importância: a síntese de ATP a partir de ADP e fosfato. As substâncias fosforiladas podem estar envolvidas com o armazenamento de energia (como o ATP) ou atuar como reguladoras de processos metabólicos: muitas enzimas tornam-se ativas ao serem fosforiladas.

MICRONUTRIENTES

Os elementos ferro, magnésio, manganês, cálcio, zinco, potássio, sódio, cobre, cloro, cobalto, molibdênio, selênio e outros são encontrados sempre na forma inorgânica, fazendo parte de minerais. São necessários ao desenvolvimento microbiano, mas em quantidades variáveis, dependendo do elemento e do microorganismo considerados.

Os micronutrientes podem atuar de diferentes maneiras, incluindo as seguintes funções principais: componentes de proteínas, como o ferro que participa da composição de várias proteínas enzimáticas ou não, de citocromos, etc.; cofatores de enzimas, como o magnésio, potássio, molibdênio, etc.; componentes de estruturas, como o cálcio, presente em um dos envoltórios dos esporos; osmorreguladores.

CONDIÇÕES DE CULTIVO

Para se cultivar microrganismos devem-se obedecer a requisitos básicos obrigatórios, quais sejam incubá-los em meios de cultura adequados e incubá-los em condições ambientais igualmente adequadas.

Um inoculo é uma amostra de material contendo geralmente uma pequena quantidade de microrganismos; obedecidas as condições citadas, os microrganismos contidos no inoculo multiplicam-se, aumentando em número e massa e, com isto, atingindo o objetivo desejado.

MEIOS DE CULTURA

Meio de cultura é uma mistura de nutrientes necessários ao crescimento microbiano. Basicamente deve conter a fonte de energia e de todos os elementos imprescindíveis à vida das células. A formulação de um meio de cultura deve levar em conta o tipo nutritivo no qual o microorganismo pertence, considerando-se a fonte de energia (luz ou substância química), o substrato doador de elétrons (orgânico ou inorgânico) e a fonte de carbono (orgânica ou inorgânica). Estabelecidas as condições gerais, o meio de cultura deve ainda atender as necessidades específicas do grupo, da família, do gênero ou da espécie que se deseja cultivar. Assim, é imprescindível acrescentar ao meio, vitaminas, co-fatores, aminoácidos, etc., quando estes compostos não são sintetizados pelos microrganismos que se deseja cultivar.

FATORES DE CRESCIMENTO

Entre as bactérias heterotróficas há uma imensa variedade de exigências nutritivas. Algumas são capazes de crescer em meio muito simples, constituído de uma solução de glicose, sal de amônio e alguns sais minerais. A partir

desses compostos, sintetizam todos os componentes do protoplasma: proteínas, polissacarídeos, ácidos nucléicos, coenzimas, etc. Outras, todavia, são incapazes de sintetizar determinados compostos orgânicos essenciais para o seu metabolismo. Para que estes microrganismos possam crescer, tais compostos devem ser obtidos do meio natural ou artificial em que vivem. Essas substâncias são denominadas fatores de crescimento. Muitos desses fatores são componentes de coenzimas, que, para o homem, são vitaminas. Na realidade, certas vitaminas, como o ácido fólico, foram descobertas por serem necessárias ao crescimento de determinadas bactérias. As composições dos meios de cultura, portanto, podem ser muito variadas. Um meio pode ter uma composição simples, contendo um único carboidrato como fonte de energia e carbono e alguns sais minerais; em outro extremo estão os meios requeridos por microrganismos mais exigentes, apresentando composição complexa, contendo várias fontes de carbono e energia, vitaminas e aminoácidos, podendo ainda ser acrescidos de sangue ou soro de animais.

Além da composição qualitativa, o meio de cultura deve obedecer aos limites de quantidade de cada componente suportáveis pelos microrganismos. Muitas vezes o meio de cultura deve conter substâncias para neutralizar a ação de produtos tóxicos lançados pelos próprios microrganismos, que sofrem os efeitos de seu acúmulo. Um exemplo rotineiro é adição de tampões para impedir a queda de pH provocada pelos ácidos orgânicos produzidos por fermentação bacteriana.

Os meios podem ser líquidos, quando são soluções aquosas de nutrientes, ou sólidos, quando a solução aquosa é gelificada por um polissacarídeo extraído de algas, o ágar. O meio sólido é obrigatoriamente usado quando se pretende separar células. Cada célula individualizada ou agrupamento isolado dá origem, por multiplicação, a um aglomerado que constitui uma colônia. Colônias de diferentes espécies geralmente apresentam características morfológicas diferentes.

Os meios de cultura podem ser seletivos, quando contêm uma substância que inibe o crescimento de um determinado grupo de microrganismos, mas permite o desenvolvimento de outros.

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS

A tomada de nutrientes, e posterior metabolismo são influenciados por fatores físicos e químicos do meio ambiente. Os principais fatores são: temperatura, pH, presença de oxigênio, pressão osmótica e luz.

TEMPERATURA

Cada tipo de bactéria apresenta uma temperatura ótima de crescimento, em torno desta temperatura observa-se um intervalo dentro do qual o desenvolvimento também ocorre, sem no entanto, atingir o seu máximo.

Ultrapassado o limite superior, rapidamente ocorre desnaturação do material celular e, conseqüentemente, a morte da célula. As temperaturas inferiores à ótima levam a uma desaceleração das reações metabólicas, com diminuição da velocidade de multiplicação celular, que em caso extremo, fica impedida.

As variações quanto ao requerimento térmico permite classificar as bactérias segundo a temperatura ótima para o seu crescimento, em: psicrófilas (entre 12 e 17° C), mesófilas (entre 28 e 37°C) e termófilas (entre 57 e 87°C).

Embora haja grupos excêntricos, que necessitam de altas temperaturas para o seu crescimento, a maioria concentra-se no grupo de mesófilas, principalmente as de interesse médico, veterinário e agrônômico.

PH

Os valores de pH em torno da neutralidade são os mais adequados para absorção de alimentos para a grande maioria das bactérias. Existem, no entanto, grupos adaptados a viver em ambientes ácidos e alcalinos.

OXIGÊNIO

O oxigênio pode ser indispensável, letal ou inócuo para as bactérias, o que permite classificá-las em: aeróbias estritas (exigem a presença de oxigênio, como as do gênero *Acinetobacter*), microaerófilas (necessitam de baixos teores de oxigênio, como *Campylobacter jejuni*), facultativas (apresentam mecanismos que as capacitam a utilizar o oxigênio quando disponível, mas desenvolver-se também em sua ausência. *Escherichia coli* e várias bactérias entéricas têm esta característica) e anaeróbias estritas (não toleram o oxigênio. Ex.: *Clostridium tetani*, bactéria produtora de potente toxina que só se desenvolve em tecidos necrosados carentes de oxigênio).

EXOENZIMAS

A seletividade da membrana citoplasmática impede que macromoléculas como proteínas, amido, celulose e lipídeos sejam transportadas para o interior da célula. Para essas moléculas serem utilizadas pelos microrganismos, é necessário dividi-las, dando origem a compostos menores, aos quais as membranas são permeáveis.

A quebra das moléculas é promovida por enzimas hidrolíticas, denominadas exoenzimas por atuarem fora da membrana citoplasmática. As exoenzimas apresentam especificidade pelo substrato, atuando sobre proteínas ou amidos, ou determinados lipídeos, e constituem um fator de virulência. Podem hidrolisar componentes estruturais dos tecidos, conferindo aos microrganismos a capacidade invasora e de permanência em outros organismos vivos.

Além de estarem associadas à nutrição dos microrganismos, as exo-

enzimas podem contribuir para a sua sobrevivência, uma vez que catalisam a hidrólise de substâncias que lhes são tóxicas ou mesmo letais.

REPRODUÇÃO BACTERIANA

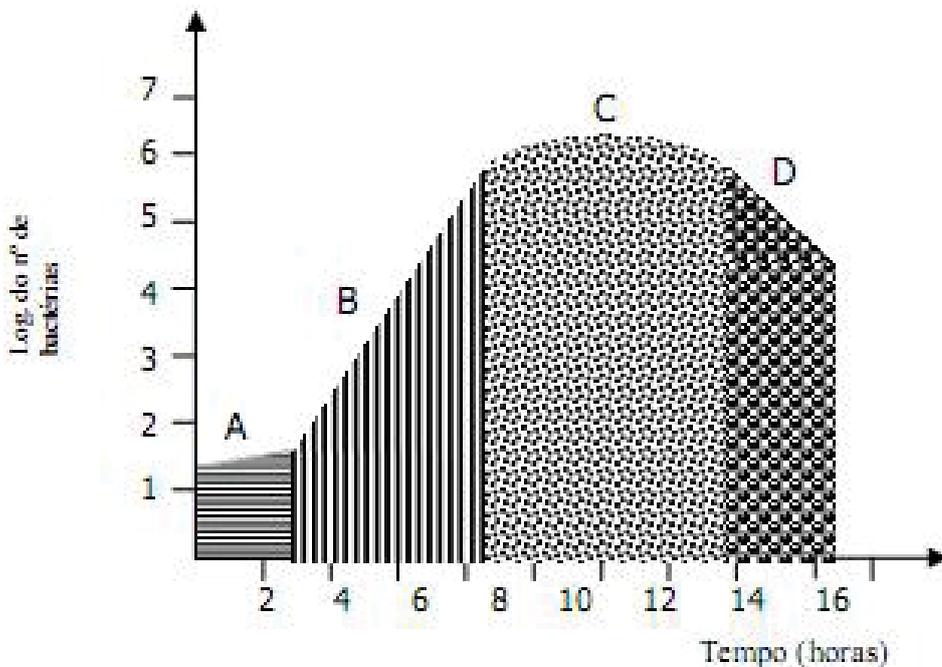
Crescimento: aumento do protoplasma celular pela síntese de ácidos nucleicos, proteínas, polissacarídeos e lipídeos; e, absorção de água e eletrólitos. Termina na divisão celular. **Multiplicação:** resposta necessária à pressão de crescimento.

Cissiparidade: formação de um septo equatorial na região do mesosomo e divisão da célula-mãe, em duas células filhas. “Cocos” em qualquer direção, “bacilos e espirilos”, no sentido transversal.

CURVA DE CRESCIMENTO BACTERIANO

Embora as bactérias desenvolvam-se bem em meios de cultura sólidos, os estudos de crescimento são feitos essencialmente em meios líquidos e as considerações que seguem são válidas para essas condições.

Quando uma determinada bactéria é semeada num meio líquido de composição apropriada e incubada em temperatura adequada, o seu crescimento segue uma curva definida e característica.



Fase lag (A): esta fase de crescimento ocorre quando as células são transferidas de um meio para outro ou de um ambiente para outro. Esta é a fase de ajuste e representa o período necessário para adaptação das células ao novo ambiente. As células nesta fase aumentam no volume total em quase duas ou quatro vezes, mas não se dividem. Tais células estão sintetizando DNA, novas proteínas e enzimas, que são um pré-requisito para divisão.

Fase exponencial ou log (B): nesta fase, as células estão se dividindo a uma taxa geométrica constante até atingir um máximo de crescimento. Os componentes celulares como RNA, proteínas, peso seco e polímeros da parede celular estão também aumentando a uma taxa constante. Como as células na fase exponencial estão se dividindo a uma taxa máxima, elas são muito menores em diâmetro que as células na fase Lag. A fase de crescimento exponencial normalmente chega ao final devido à depleção de nutrientes essenciais, diminuição de oxigênio em cultura aeróbia ou acúmulo de produtos tóxicos.

Fase estacionária (C): durante esta fase, há rápido decréscimo na taxa de divisão celular. Eventualmente, o número total de células em divisão será igual ao número de células mortas, resultando na verdadeira população celular estacionária. A energia necessária para manter as células na fase estacionária é denominada energia de manutenção e é obtida a partir da degradação de produtos de armazenamento celular, ou seja, glicogênio, amido e lipídeos.

Fase de morte ou declínio (D): quando as condições se tornam fortemente impróprias para o crescimento, as células se reproduzem mais lentamente e as células mortas aumentam em números elevados. Nesta fase o meio se encontra deficiente em nutriente e rico em toxinas, produzidas pelos próprios microrganismos.

METABOLISMO BACTERIANO

Uma vez garantidos pelo ambiente os nutrientes e as condições adequadas para assimilá-los, as bactérias vão absorvê-los e transformá-los para que cumpram suas funções básicas, quais sejam, o suprimento de energia e de matéria prima. Como matéria-prima, os nutrientes vão ser transformados em estruturas celulares ou em moléculas acessórias à sua síntese e funcionamento.

OBTENÇÃO DE ENERGIA

As substâncias com alto valor energético são sempre aquelas com elevado grau de redução, e grande parte das bactérias (exceção às fotossintetizantes) vai obter toda energia de que necessita por oxidação desses substratos. As substâncias preferencialmente oxidadas por mi-

Organismos são os açúcares, seguidos de proteínas, peptídios e, mais raramente, as gorduras.

As bactérias utilizam energia para o transporte de nutrientes, o movimento dos flagelos, e para a biossíntese. WIELAND (1912) reconheceu que a maioria das reações biológicas, ocorre na ausência de oxigênio, por desidrogenação. Em biologia, pode-se dizer que a perda de um elétron equivale a perda de um hidrogênio. Pode-se, então, definir oxidação como o ganho de um hidrogênio e redução como a perda de um hidrogênio.

FERMENTAÇÃO

Metabolismo no qual os compostos orgânicos servem como doadores e receptores de elétrons (hidrogênio). A fermentação conduz, geralmente, à cisão parcial de moléculas de glicose (glicólise).

Dentre os vários tipos de fermentação, pode-se citar: homolática (produção de ácido lático como produto final), alcoólica (produção de álcool como produto final), mista (produção de álcool, ácido e gás) e butileno-glicólica (produção do butileno glicol (não ácido) como produto final).

A fermentação é usada na produção de iogurtes, coalhadas, queijos e outros produtos.

PUTREFAÇÃO

Decomposição de compostos nitrogenados (proteínas), utilizando-se de substância orgânica como aceptor-doador de elétrons. É um tipo de fermentação que produz produtos finais de odor desagradável: indol, escatol, ácido sulfídrico.

RESPIRAÇÃO

A respiração celular é o processo pelo qual os seres vivos conseguem energia para realizar suas atividades, oxidando compostos orgânicos — principalmente a glicose. A maioria dos seres vivos utiliza o gás oxigênio para extrair energia da glicose. O processo é chamado respiração aeróbia e pode ser resumido pela equação:

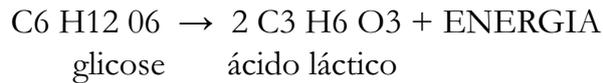


Na respiração ocorrem as seguintes etapas: a) ciclo de Krebs; b) cadeia transportadora de elétrons; c) fosforilação oxidativa.

Respiração anaeróbica: quando o oxigênio é substituído por outro receptor inorgânico de elétrons.

As bactérias aeróbias dependem de oxigênio para conseguir energia e

não sobrevivem sem esse gás. As anaeróbias facultativas podem viver com ou sem oxigênio. Se houver oxigênio no ambiente, podem realizar respiração aeróbia; caso contrário, sobrevivem à custa de processos anaeróbios. A quantidade de energia obtida pela bactéria nesse caso é inferior à da respiração aeróbia. Um exemplo são as bactérias conhecidas como lactobacilos, que, na ausência de oxigênio, realizam a fermentação láctica, de acordo com o seguinte esquema:



As bactérias anaeróbias obrigatórias ou estritas não possuem enzimas necessárias ao aproveitamento do oxigênio e, por isso, morrem a partir de determinada concentração de oxigênio no ambiente. Isto acontece porque, se o oxigênio não for utilizado, ficando livre na célula, ele poderá danificar moléculas importantes, como o DNA e as enzimas.

NUTRIÇÃO

A maioria das bactérias é heterotrófica por absorção, retirando moléculas orgânicas já digeridas do ambiente ou de seres vivos que parasitam. As outras são autotróficas por fotossíntese (usam a energia da luz para sintetizar compostos orgânicos) ou por quimiossíntese (usam energia química para produzir compostos orgânicos).

As cianobactérias (cianofíceas) possuem uma clorofila idêntica à encontrada nas plantas, mas as outras bactérias fotossintéticas possuem outro tipo de clorofila, a bacterioclorofila. É o caso das bactérias verdes e das bactérias púrpuras, cuja fotossíntese não libera oxigênio, já que em vez de água elas usam gás sulfídrico (H_2S). Este tem a função da água na fotossíntese tradicional: ceder átomos de hidrogênio que se combinam ao gás carbônico para formar glicose e outros compostos orgânicos. O processo pode ser resumido na seguinte reação:



As bactérias que fazem quimiossíntese utilizam a energia química em vez de energia luminosa para a síntese das suas cadeias de carbono. A energia química utilizada é proveniente de reações químicas de oxidação de compostos minerais.

Certas bactérias do solo, por exemplo, oxidam a amônia, formando nitritos (bactérias nitrosas); outras oxidam o nitrito, formando nitratos (bactérias nítricas). Essas bactérias são importantes no ciclo do nitrogênio, fornecendo o nitrato absorvido pelos vegetais, como mostra o esquema:



CONCLUSÃO

Através do cultivo no laboratório, o homem consegue estudar as bactérias, desde a sua morfologia e citologia, até o seu crescimento, metabolismo e reprodução. Para tal, precisamos conhecer com detalhes as exigências nutricionais e metabólicas de cada família e gênero bacterianos. Sem conhecer esses detalhes, seria impossível o cultivo bacteriano em laboratório em condições ótimas de crescimento e o seu uso na indústria de alimentos, onde participam ativamente de vários processos fermentativos e em biotecnologia.

RESUMO

O crescimento e divisão celulares necessitam de um ambiente propício com todos os constituintes químicos e físicos necessários para o seu metabolismo. Essas necessidades específicas são dependentes de informações genéticas para cada espécie bacteriana. Os nutrientes, sejam eles: macronutrientes e/ou micronutrientes, são imprescindíveis, mas os primeiros são requeridos em grandes quantidades por serem os principais constituintes dos compostos orgânicos celulares e / ou serem utilizados como combustível.

A tomada de nutrientes, e posterior metabolismo são influenciados por fatores físicos e químicos do meio ambiente. Os principais fatores são: temperatura, pH, presença de oxigênio, pressão osmótica e luz.

A maioria das bactérias é heterotrófica por absorção, retirando moléculas orgânicas já digeridas do ambiente ou de seres vivos que parasitam. As outras são autotróficas por fotossíntese (usam a energia da luz para sintetizar compostos orgânicos) ou por quimiossíntese (usam energia química para produzir compostos orgânicos). As bactérias que fazem quimiossíntese utilizam a energia química em vez de energia luminosa para a síntese das duas cadeias de carbono. A energia química utilizada é proveniente de reações químicas de oxidação de compostos minerais. Certas bactérias do solo, por exemplo, oxidam a amônia, formando nitritos (bactérias nitrosas); outras oxidam o nitrito, formando nitratos (bactérias nítricas). Essas bactérias são importantes no ciclo do nitrogênio, fornecendo o nitrato.

A respiração celular é o processo pelo qual os seres vivos conseguem energia para realizar suas atividades, oxidando compostos orgânicos — principalmente a glicose. A maioria dos seres vivos utiliza o gás oxigênio para extrair energia da glicose. O processo é chamado respiração aeróbia. Outros seres vivos, porém, podem conseguir energia sem utilizar o oxigênio, através, por exemplo, do processo conhecido como fermentação. A partir daí, as bactérias podem ser divididas, quanto à respiração, em três grupos: aeróbias, anaeróbias facultativas e anaeróbias obrigatórias ou estritas.

ATIVIDADES



1. Cite as principais substâncias de natureza física e orgânica necessárias ao cultivo bacteriano.
2. De acordo com a temperatura e as necessidades de oxigênio como as bactérias podem ser classificadas?
3. Conceitue e defina a função das exoenzimas.
4. Descreva a curva de crescimento bacteriano.
5. Quais as principais formas de obtenção de energia utilizadas pelas bactérias?

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

1. Os meios escolhidos para o cultivo de bactérias específicas normalmente imitam o habitat normal das mesmas, assim: para as bactérias que preferem os nutrientes encontrados no sangue - adiciona-se sangue ao meio; se a glicose é o constituinte comum de um nicho bacteriano - adiciona-se o açúcar ao meio. Para aquelas bactérias que apresentam maiores exigências nutricionais - fastidiosas - utiliza-se os meios complexos, os quais contêm uma grande variedade de substâncias orgânicas preparadas a partir de matérias naturais

2. De grande influência no crescimento dos microrganismos - todos os processo de crescimento são dependentes de reações químicas, as quais são afetadas pela temperatura. A temperatura na qual uma espécie de microrganismo cresce mais rapidamente é a temperatura ótima de crescimento - em temperaturas mais favoráveis para o crescimento, o número de divisões celulares por hora, chamada de taxa de crescimento, dobra para cada aumento de temperatura de 10 °C. Para qualquer microrganismo particular há 3 temperaturas importantes a conhecer : mínima, ótima e máxima (nesta última as enzimas são danificadas pelo calor e a célula para de crescer).

Os microrganismos no seu habitat natural necessitam de quantidades variadas de gases tais como: O₂, CO₂, N₂ e CH₃. Alguns gases são utilizados no metabolismo celular; outros podem ter sido excluídos de uma cultura por serem tóxicos às células. O O₂ e CO₂ são os dois gases principais que afetam o crescimento de células microbianas

3. As bactérias obtêm seus nutrientes por absorção de água, íons inorgânicos, aminoácidos, açúcares simples e moléculas de lipídeos a partir do meio onde se encontram. As bactérias não apresentam digestão interna e muitas bactérias produzem e liberam exoenzimas para digerir substâncias complexas como amido, celulose, polipeptídios ou ácidos nucléicos, absorvendo as subunidades resultantes da quebra das macromoléculas.

4. Durante o crescimento ativo de uma cultura microbiana as populações de células crescem exponencialmente, aumentando por meio de uma progressão geométrica (2^n). O intervalo de tempo requerido para que cada microrganismo se divida é conhecido como tempo de geração, os quais são fortemente influenciados não somente pela composição nutricional do meio mais também pelas condições físicas de incubação.

5. De acordo com a fonte de átomos de carbono para a produção de suas moléculas orgânica, as bactérias são classificadas em dois

grandes grupos: autotróficas - obtêm suas moléculas de carbono apenas de dióxido de carbono; e heterotróficas - obtêm seus átomos de carbono de moléculas orgânicas que captam do ambiente. Além do gás carbônico ela precisa de um carboidrato. As bactérias podem utilizar como fonte de energia luz, substâncias inorgânicas ou orgânicas: luz - como as bactérias que fazem fotossíntese ou fototróficas; substâncias inorgânicas - como as bactérias litotróficas; e substâncias orgânicas como as bactérias organotróficas.

REFERÊNCIAS

- BLACK, J. G. Microbiologia: fundamentos e perspectivas. 4a Ed., Guanabara Koogan, 2002.
- MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. Microbiologia de Brock. 10a Ed. São Paulo: Prentice Hall do Brasil, 2004.
- MURRAY, P.R.; ROSENTHAL, K.S.; KOBAYASHI, G.S.; PFALLER, M.A. Microbiologia Médica. 4A Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004.
- TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. Microbiologia. 8a Ed. Guanabara Koogan, 2002.