

CARACTERÍSTICAS DOS FUNGOS

Sumário

ESTRUTURA E CRESCIMENTO	2
PAREDE CELULAR	2
REPRODUÇÃO.....	3
REPRODUÇÃO ASSEXUADA.....	3
REPRODUÇÃO SEXUADA	4
DIMORFISMO.....	5
Nutrição e Metabolismo	5
Fontes de C e N	5
Fatores de crescimento.....	5
Microelementos minerais	6
Metabolismo.....	6
Questões	7

Os fungos (do latim *fungus* = cogumelo) têm sido tradicionalmente considerados como "semelhantes a plantas". A maioria das espécies cresce por extensão contínua e ramificação de estruturas filiformes. Em adição, eles são imóveis em sua maioria e suas paredes celulares assemelham-se às de plantas, em espessura e, até certo ponto, em composição química e em estrutura ultramicroscópica. Os fungos crescem como células únicas, as leveduras, ou como colônias filamentosas multicelulares, os bolores e cogumelos. As formas multicelulares não possuem folhas, caules ou raízes e são muito menos diferenciadas do que as plantas superiores, porém são muito mais diferenciadas do que as bactérias. Contudo, os fungos não possuem pigmentos fotossintéticos e, assim, eles estão restritos a uma existência saprofítica ou parasita. Uma única célula uninucleada pode produzir cordões multinucleares filamentosos, leveduras, órgãos de frutificação com diversos esporos e células que são diferenciadas sexualmente (em muitas espécies). Ainda mais, algumas espécies formam notáveis armadilhas para a captura de vários microrganismos. Os fungos são abundantes no solo, nos vegetais e em massas de água, onde vivem muito bem em folhas mortas ou em madeira. Seus esporos ubíquos, transportados pelo ar, são frequentemente incômodos contaminadores de culturas de bactérias e de células de mamíferos. De fato, foi um desses contaminadores numa cultura de estafilococos que eventualmente levou a descoberta da penicilina

ESTRUTURA E CRESCIMENTO

Bolores. O principal elemento da forma vegetativa ou de crescimento de um bolor é a hifa (do grego *hyphē*=teia), uma estrutura tubular ramificada com cerca de 2 a 10 μ de diâmetro, isto é, muito maior do que as bactérias. A medida que uma colônia, ou talo, cresce, suas hifas formam uma massa de filamentos enovelados, chamados micélio (do grego *mykes*= cogumelo). As hifas crescem pelo alongamento de suas pontas (crescimento apical) e pela produção de ramificações laterais. As hifas que penetram no meio, onde absorvem nutrientes, são coletivamente conhecidas como o micélio vegetativo, enquanto que aquelas que se projetam acima da superfície do meio constituem o micélio aéreo; como esse último via de regra tem células reprodutivas ou esporos, é também chamado micélio reprodutivo. A maioria das colônias cresce na superfície de meios líquidos ou sólidos como lençóis irregulares, secos e filamentosos. Devido ao enovelamento das hifas filamentosas, as colônias são mais resistentes do que as de bactérias. No centro das colônias micelianas as hifas são freqüentemente necróticas devido a falta de suprimento de nutrientes e de oxigênio e talvez ao acúmulo de ácidos orgânicos. Na maioria das espécies as hifas são divididas por paredes transversas, chamadas septos (do latim *septum* = cerca, divisão). Contudo, os septos possuem finos poros centrais; mesmo as hifas septadas serem cenocíticas, isto é, seus múltiplos núcleos estarem incluídos numa massa contínua de citoplasma. Levedura. As leveduras são fungos unicelulares ovais ou esféricos, geralmente de 3 a 4 μ de diâmetro. Às vezes as leveduras e sua progênie aderem entre si e formam cadeias ou "pseudohifas".

Citologia. Leveduras e bolores assemelham-se a plantas superiores e a animais na complexidade anatômica de suas células. São eucarióticos, com vários cromossomos diferentes e uma membrana nuclear bem definida, possuindo mitocôndrias e um retículo endoplasmático. Ainda mais, suas membranas contêm esteróis, assemelhando-se, assim, a formas superiores e não a bactérias.

PAREDE CELULAR

A parede celular de um fungo, como a de bactérias, fica do lado imediatamente externo da membrana limitante do citoplasma e, em algumas leveduras, está envolvida por um polissacarídeo capsular externo. Contudo, ao contrário das bactérias, cujas paredes celulares freqüentemente contêm unidades estruturais como se fossem tijolos, as paredes celulares dos fungos parecem ser entrelaçadas.

Polímeros de hexoses e hexosaminas constituem os elementos estruturais fundamentais da parede dos fungos. Em muitos bolores e leveduras, a principal macromolécula estrutural da parede é a quitina, que é constituída de resíduos de N-acetil-glicosamina. Esses são ligados entre si por ligações β -1,4-glicosídicas, como os resíduos de glicose em celulose, o principal material da parede celular de plantas superiores.

A quitina também é o principal material estrutural do esqueleto dos crustáceos. Por isso essa substância representa, em nível molecular, um exemplo interessante de evolução convergente, em que organismos pouco relacionados desenvolveram, presumivelmente por uma seqüência

evolucionária independente, estruturas semelhantes ou idênticas para servir as necessidades semelhantes.

Nas leveduras, a extração da parede celular com álcalis, a quente, resulta numa glicana insolúvel, formada de resíduos de D-glicose ligados em β -1,6 com ramificações ligadas em β -1,3 surgindo a intervalos freqüentes (a glicana assemelha-se a celulose em sua insolubilidade e rigidez). Um polissacarídeo solúvel adicional é a manana, um polímero de D-manose ligado em α -1,6, com ramificações α -1,2 e -1,3). Do mesmo modo que nas bactérias, os polissacarídeos da parede celular dos fungos são sintetizados de vários nucleotídeos de açúcares (UDP-N-acetil-glicosamina, GDP-manose, etc.). A quitina-sintetase está ligada a membrana celular. *In vitro*, ela necessita de um iniciador, que deve conter pelo menos seis ou sete resíduos conectados, como acontece na quitina. Um antibiótico nucleotídico a poloxina D, é um inibidor seletivo da quitina-sintetase. Ele inibe a incorporação de ^{14}C -glicosamina na parede celular de *Neurospora crassa*, o que resulta num aumento do acúmulo de uridina-difosfato-Nacetil- glicosamina.

As paredes de várias leveduras contém complexos de polissacarídeos com proteínas ricas em resíduos de cistina e a redução reversível de ligações -S-S- tem sido implicada na formação de brotos. Em algumas leveduras, lipídeos contendo fósforo e nitrogênio também são abundantes na parede (até 10% do peso seco).

As paredes celulares dos fungos podem ser digeridas por enzimas contidas nos sucos digestivos do caracol *Helix pomatia*. Esses sucos contém mais de 30 atividades enzimáticas conhecidas, incluindo glucanase, quitanase e mananase. Foram também isoladas, de amostras de solo, bactérias que produzem enzimas líticas para essas paredes pela aplicação da técnica de enriquecimento com paredes celulares purificadas, como fonte de carbono. Como nas bactérias, a digestão das paredes das leveduras e dos bolores em solução hipertônica produz protoplastos viáveis. Também se produzem protoplastos pelo crescimento em meios que inibem a síntese da parede celular. Os protoplastos de leveduras são deficientes em algumas das hidrolases das células intatas, como invertase e β -fructosidase. Essas observações sugerem que, assim como nas bactérias, as enzimas secretadas estão localizadas no espaço periplasmático.

REPRODUÇÃO

Além de crescerem por extensão apical e por ramificação, os fungos reproduzem-se por meio de ciclos sexuais e assexuais e também por um processo parassexual. A grande maioria dos fungos patogênicos para o homem não possui sexualidade.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA

O crescimento vegetativo de um micélio cenocítico envolve divisão nuclear sem divisão celular, sendo que o processo clássico de mitose assegura a transmissão de um complemento total de cromossomos para cada núcleo resultante. O passo seguinte da divisão celular leva a reprodução assexuada (vegetativa), isto é, a formação de um novo clone sem envolvimento de gametas e sem fusão nuclear. São conhecidos três mecanismos: 1) esporulação, seguida da germinação dos esporos; 2) brotamento e 3) fragmentação das hifas.

Os esporos assexuados são as vezes chamados conídios; mais freqüentemente, contudo, esse termo é reservado para os esporos assexuados que se formam nos terminais ou nos lados das hifas.

Outros esporos assexuados (clamidosporos e artrosporos) desenvolvem-se dentro das hifas. Os esporos germinam quando plantados num meio congênial, isto é, eles se tornam alargados e, se destinados a formar um bolor, emitem um ou mais tubos germinativos. Os tubos alongam-se em hifas dando surgimento a uma nova colônia.

Os clamidosporos, que podem ser formados por muitos fungos, apresentam parede espessa e são excepcionalmente resistentes ao calor e a dessecação; eles são provavelmente formados da mesma forma que os esporos bacterianos, por endosporulação verdadeira e, de modo semelhante, promovem a sobrevivência em ambientes desfavoráveis. Em contraposição, os artrosporos, que se formam pela fragmentação das hifas, e os conídios, que se formam por um processo semelhante a gemulação, não são excepcionalmente resistentes; é provável que eles ajam para promover a disseminação aérea. Os esporos, que contêm um ou vários núcleos, variam bastante em cor, tamanho e forma. Sua morfologia e modo de origem constituem a principal base para a classificação dos fungos que não possuem sexualidade. Algumas espécies produzem somente uma espécie de esporos e outras produzem até quatro tipos diferentes. Brotamento é o processo de reprodução assexuada prevalente nas leveduras, apesar de algumas espécies dividirem-se por fissão (leveduras de fissão). Enquanto que nesta (o processo reprodutivo comum em quase todas as bactérias) um antecessor se divide em duas células-filhas de tamanho essencialmente igual, no brotamento a célula-filha é a princípio muito menor do que a célula primitiva. À medida que o broto sai da célula primitiva o núcleo desta se divide e um deles passa para o broto; o material da parede celular então se interpõe entre o broto e a célula primitiva e eventualmente aquele se desliga. Pela micrografia eletrônica podemos ver uma cicatriz de nascimento na parede da célula-filha e uma cicatriz de brotamento na parede da célula primitiva. Como resultado de repetidos brotamentos, velhas células de levedura apresentam muitas cicatrizes de brotamento mas tem apenas uma cicatriz de nascimento. Fragmentos de hifas (p. ex., formados pela ruptura de um micélio) são também capazes de formar novas colônias. Essa capacidade é freqüentemente explorada no cultivo dos fungos, mas é provável que não seja importante na natureza.

REPRODUÇÃO SEXUADA

Os fungos que apresentam reprodução sexuada seguem os seguintes passos. 1) Um núcleo haplóide de uma célula doadora (macho) penetra no citoplasma de uma célula receptora (fêmea). 2) Os núcleos macho e fêmea fundem-se para formar um núcleo zigoto, diplóide. 3) Através de meiose o núcleo diplóide dá surgimento a quatro núcleos haplóides, sendo que alguns deles podem ser recombinantes genéticos. Na maioria das espécies a condição haplóide é a que está associada a um crescimento vegetativo prolongado e o estado diplóide é transitório, mas em outras espécies, como nos animais superiores, o inverso é verdadeiro.

DIMORFISMO

Algumas espécies de fungos crescem somente como bolores e outras apenas como leveduras. Muitas espécies, contudo, podem crescer em ambas as formas, dependendo do meio ambiente. Essa capacidade é conhecida como dimorfismo. Ela é clinicamente importante pois a maioria dos fungos mais patogênicos (para o homem) é dimórfica; eles via de regra aparecem nos tecidos infectados como leveduras, mas quando cultivados *in vitro*, em condições convencionais, aparecem como bolores típicos.

O dimorfismo pode ser experimentalmente controlado pela modificação das condições culturais, sendo decisivo, às vezes, um único fator. Por exemplo, o patógeno humano *Blastomyces dermatitidis* cresce como micélio a 25°C, mas como levedura a 37°C. Alguns fungos produzem formas micelianas ao crescerem na superfície de meios líquidos de cultura, e formas de levedura quando o crescimento se dá na profundidade desses meios.

Nutrição e Metabolismo

Fontes de C e N

Para o seu desenvolvimento, os fungos exigem sempre uma fonte orgânica de C, que será utilizada como material plástico ou energético. A fonte de N pode ser inorgânica (por exemplo: NO_3^- e NH_4^+) ou orgânica.

Por exigirem C orgânico exógeno para as reações oxidativas na produção de energia necessária ao seu desenvolvimento, os fungos são classificados como hetero e quimiorganotróficos.

Os fungos podem ser saprobióticos (ou saprófitas) e parasitas (facultativos ou obrigatórios), conforme vivam de fontes de alimento existentes livres ou em hospedeiros.

As fontes orgânicas podem ser bastante simples, como os álcoois, cetonas, aldeídos, gorduras, ácidos, etc., ou complexas como proteínas, polissacarídeos, polipeptídeos, etc. De modo geral, essas substâncias de moléculas grandes são digeridas por enzimas até formas mais simples, num processo semelhante a digestão estomacal do homem, sendo o processo, porém, sempre externo, isto é, no próprio meio circundante, o que permite a assimilação fácil do alimento.

Algumas vezes certas substâncias, como os aminoácidos, podem funcionar como fontes de C e N, podendo ser utilizadas como substâncias energéticas ou plásticas.

Fatores de crescimento

Segundo SNELL, em opinião acompanhada por VILLELA & CURY (1956), o fator de crescimento é "qualquer composto orgânico que não pode ser sintetizado por um dado organismo e que deve ser fornecido ao mesmo, intacto". Muitas espécies de fungos, para o seu desenvolvimento, podem exigir os chamados fatores de crescimento, ou os chamados "bios" de WILDIER, os quais, geralmente, devem ser fornecidos em pequeníssimas quantidades. Esses fatores podem ser classificados, segundo VILLELA & CURY (1956), em essenciais, estimulantes e condicionais. Uma determinada espécie pode não exigir um fator de crescimento, porém algumas amostras podem sofrer mutações e perder a capacidade de sintetizá-lo, passando assim, a depender do mesmo.

As exigências podem ser quanto molécula inteira de um fator qualquer, ou parte dela, como observado com a tiamina em:

- a) *Aspergillus niger*, que a sintetiza.
- b) *Mucor ramannianus* exige a fração tiazol e sintetiza a pirimidina.
- c) *Rhodotorula rubra* sintetiza o tiazol e exige a pirimidina.
- d) *Phycomyces blakesleeanus* exige os dois.

Microelementos minerais

Os fungos exigem certos microelementos, isto é, elementos químicos inorgânicos em pequenas quantidades, como o Fe, Zn, Mn, Cu, Mb, Ca, K. Esses elementos podem ser adicionados ao meio, enquanto outros, como o de SABOURAUD, os contêm em proporção adequada. De modo geral, os íons metálicos agem favoravelmente em pequenas concentrações, tornando-se porém, quando adicionados além de determinado limite, prejudiciais ao crescimento. Os íons Fe, Cu e Mn podem agir como elementos catalizadores do crescimento, em baixos níveis. Outros metais, como o Zn e o Hg, são também estimulantes em pequenas doses. Algumas substâncias, como o sulfato de zinco (em diluição de 1:1.000 e 1:2.000) e o sulfato de cobre (em 1:500 a 1:1.500), podem provocar mutações nos *Aspergillus niger*. Em doses maiores, vários compostos são tóxicos, sendo inclusive utilizados em combate aos bolores, como e o caso com sulfato de cobre, bicloreto de mercúrio, cloreto de zinco, carbonato de cobre, óxido de zinco, etc. Além da forma de produtos inorgânicos, esses metais podem ser ligados a grupos orgânicos e serem utilizados como antifúngicos, como acontece com timerozal, nitrofenolato de sódio, etc. Os microelementos podem ser essenciais por participarem de moléculas importantes no metabolismo, como ocorre com Fe, que é constituinte de varias enzimas, como os citocromos, catalase, etc.; com o zinco, constituinte de enzimas, a exemplo do álcool-deidrogenase, o cobre da tirosinase e nitrito-redutase, o Mn, da hidroxilamino-redutase e o Mb, da nitrato-redutase.

Metabolismo

Os fungos tem sido instrumentos interessantes no estudo dos processos metabólicos, tanto plásticos como energéticos, pois são de fácil manejo, crescimento rápido e utilizam-se de meios bem caracterizados quimicamente. A via glicolítica ou da fermentação alcoólica, ou via de EMBDEMMEYERHOFF-PARNAS, é um dos exemplos de via metabólica conhecida em profundidade e que serve de padrão para as pesquisas em outros mecanismos metabólicos. Ela apresenta interesse, ainda, porque o organismo animal pode utilizar uma via semelhante para a degradação do açúcar. Na fermentação alcoólica, há produção de energia que pode ser acumulada em moléculas de ATP, responsáveis por importantes reações de óxido-redução. Aliás, os carboidratos representam as principais fontes de energia e C para os microrganismos, de modo geral. Observa-se, nessa via, a formação de inúmeros produtos intermediários, com a intervenção de muitas enzimas que catalizam reações de quinase, mutase, aldolase, isomerase, etc. A via glicolítica, porém, não é a única via de degradação de carboidratos, havendo outras, como o ciclo oxidativo das fosfopentoses, o ciclo de KREBS, etc. Os mecanismos de óxido-redução, sistemas reversíveis de transferência de energia por meio

Entrega do trabalho dia ____/____ - Em Dupla, no Máximo!

de hidrogênio ou de transporte eletrônico, são exercidos nas células dos fungos pelo mitocôndrio.

Questões

1. Descreva a reprodução assexuada dos fungos.
2. Descreva as principais estruturas citológicas dos fungos e suas funções.
3. Descreva todos os tipos de micoses e os principais órgãos afetados.
4. Descreva dimorfismo em fungos.