

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA)

CARGO 2: PESQUISADOR ADJUNTO I ÁREA DE ATUAÇÃO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Prova Discursiva

Aplicação: 23/02/2025

PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

A capacidade de sobrevivência dos microrganismos que estão presentes em um alimento depende de uma série de fatores. Entre esses fatores, estão aqueles relacionados às características próprias do alimento (fatores intrínsecos) e os inerentes ao ambiente em que o alimento se encontra (fatores extrínsecos).

São fatores intrínsecos associados ao crescimento microbiano em alimentos: atividade de água, acidez (pH), potencial redox (oxidorredução, Eh), quantidade de nutrientes (composição química), constituintes antimicrobianos e estruturas biológicas. Os fatores extrínsecos incluem: temperatura, umidade relativa do ambiente (UR), atmosfera onde se encontra o alimento (presença e concentração de gases no meio ambiente).

No que se refere à atividade da água (AA), sabe-se que os microrganismos necessitam de água para sua sobrevivência. Para o seu crescimento e metabolismo, dependem da presença de água em uma forma disponível. O valor absoluto de atividade de água fornece uma indicação segura do teor de água livre do alimento, sendo esta a forma ideal de água usada pelos microrganismos. As bactérias são usualmente os microrganismos mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, seguidas das leveduras e dos bolores. Algumas espécies de bolores destacam-se pela elevada tolerância à baixa AA. Os valores de AA variam entre 0 e 1. O valor de AA = 0,60 é considerado o valor de AA limitante para multiplicação dos microrganismos, pois a maioria dos microrganismos cresce otimamente a valores elevados de AA (0,98 a 0,995). Muitos microrganismos, incluídas bactérias patogênicas, desenvolvem-se mais rapidamente quando a atividade de água apresenta níveis no intervalo de 0,995 a 0,980. O desenvolvimento da maioria das bactérias e dos bolores está restrito a valores de AA acima de 0,90. Entretanto, os organismos de maior importância na preservação de alimentos são aqueles cujo crescimento pode ocorrer a níveis muito mais baixos de AA. São os denominados halófilos, xerófilos e osmófilos.

Halófilos são incapazes de se desenvolver em meios sem cloreto de sódio e frequentemente exigem altos teores dessa substância para seu desenvolvimento. São geralmente bactérias e comumente mais tolerantes ao sal que organismos não halofílicos. Xerofílicos são os microrganismos que se desenvolvem mais rapidamente sob condições relativamente secas, ou que são capazes de se desenvolver sob atividades de água abaixo de 0,85. São bolores e leveduras. Osmofílicos são os capazes de se desenvolver em ambientes de alta pressão osmótica. O termo é mais comumente aplicado para leveduras tolerantes ao açúcar.

A presença de sais, açúcar, desidratação e congelamento provocam a redução do valor de AA. Os microrganismos resistentes a baixas AA são: osmofílicos (multiplicam-se em altas concentrações de açúcares); osmodúricos (toleram altas concentrações de açúcar, mas não se multiplicam nessas condições); halofílicos (multiplicam-se em altas concentrações de sal); halodúricos (toleram altas concentrações de sal, mas não se multiplicam nessas condições); e xerofílicos (têm afinidade com ambientes secos).

O pH (potencial hidrogeniônico) refere-se à concentração de íon, hidrogênio, acidez ou alcalinidade relativas. Ele afeta a respiração dos microrganismos, por ação em suas enzimas e no transporte de nutrientes para dentro da célula microbiana, bem como provoca um aumento na fase *lag* da multiplicação bacteriana. É um dos principais fatores intrínsecos capazes de determinar o crescimento, a sobrevivência ou a destruição dos microrganismos existentes no alimento. Os microrganismos têm valores de pH ótimo, no qual seu crescimento é máximo. Verifica-se que pH em torno da neutralidade (6,5 – 7,5) é o mais favorável para a maioria dos microrganismos. Entretanto, outros fatores podem alterar esses valores. O pH tem uma importância vital na conservação dos alimentos, sendo estes classificados em três categorias, conforme descrito a seguir.

- Alimentos de baixa acidez: pH > 4,5. São os mais sujeitos à multiplicação microbiana, tanto de espécies patogênicas quanto de deteriorantes. Exemplos: carnes, leite, pescados.
- Alimentos ácidos: pH de 4,5 a 4,0. Há predominância de crescimento de leveduras, bolores e algumas poucas espécies bacterianas, lácticas e *Bacillus*. Exemplos: algumas frutas (tomate, ameixa) e hortaliças.
- Alimentos muito ácidos: pH < 4,0. O desenvolvimento microbiano fica restrito quase que exclusivamente a bolores e leveduras; exemplos: maçã, morango, geleia, laranja, azeitonas.

Essa classificação está baseada no pH mínimo para multiplicação e produção de toxina de *Clostridium botulinum* (4,5) e no pH mínimo para multiplicação da grande maioria das bactérias (4,0), medidos com um equipamento chamado potenciômetro.

Quanto à tensão de oxigênio, os microrganismos são classificados em: aeróbios estritos, que se desenvolvem na presença de oxigênio (ex.: *Bacillus cereus*); anaeróbios estritos, que se desenvolvem na ausência de oxigênio (ex.: *Clostridium botulinum*); microaerófilos, que se desenvolvem em ambientes com baixas concentrações de oxigênio (ex.: *Vibrio spp.*); e anaeróbios facultativos, que podem se desenvolver tanto na presença quanto ausência de oxigênio (ex.: enterobactérias).

O potencial de oxirredução (redox, Eh) refere-se à medida da tendência de um substrato doar ou receber elétrons. Quando esse substrato doa elétrons, há oxidação; quando recebe, há redução. A transferência de elétrons de um composto para outro estabelece uma diferença de potencial, medida com instrumentos, expressa em volts(V) ou em milivolts (mV). A presença do oxigênio é o fator que mais contribui para o aumento do potencial redox de um alimento. A determinação do valor de Eh de um alimento é bastante difícil, porque ocorre a interação da tensão de oxigênio que envolve o alimento com a presença de compostos químicos que agem sobre o valor Eh. De modo geral, os microrganismos aeróbios necessitam de valores de Eh positivos (+350 a +500) e os anaeróbios, de valores de Eh negativos (< -150).

Os microrganismos variam quanto às suas exigências aos fatores de crescimento e à capacidade de utilizarem os diferentes substratos que compõem os alimentos. Para que a multiplicação microbiana seja possível, os seguintes nutrientes devem estar disponíveis: água, fonte de nitrogênio (os aminoácidos são a principal fonte), fonte de carbono (energia), vitaminas (são fatores de crescimento) e sais minerais (sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, fósforo). Assim, de acordo com os tipos de nutrientes que compõem o alimento, determina-se qual microrganismo terá maiores possibilidades de se desenvolver.

Os bolores são de particular interesse na deterioração de matérias-primas ricas em carboidratos complexos (polissacarídeos), como amido e celulose. Os óleos e as gorduras sofrem a ação de muitos bolores, leveduras e algumas bactérias.

A estabilidade de alguns produtos de origem animal e vegetal ocorre, na natureza, devido à presença de constituintes antimicrobianos, que são substâncias naturalmente presentes nesses alimentos e têm a capacidade de retardar ou inibir a multiplicação microbiana. São exemplos: condimentos (óleos essenciais, como timol no orégano, aldeído cinâmico na canela, eugenol no cravo); frutas cítricas (ácidos orgânicos); alho (alicina); ovo (lisozima). A clara do ovo, além de apresentar pH desfavorável à multiplicação microbiana (entre 9-10), é rica em lisozima, capaz de destruir a parede microbiana, especialmente de gram-positivas. O leite possui lactoferrina, proteína com ação antimicrobiana, que inibe a multiplicação das bactérias por retirada dos íons ferro do leite. Possui também lisozimas e nisinas.

Um microrganismo, ao se multiplicar em um alimento, produz metabólitos que podem afetar a capacidade de sobrevivência e de multiplicação de outros microrganismos presentes nesse alimento. Trata-se do princípio da exclusão competitiva.

A nisina é uma bacteriocina produzida por *Lactobacillus lactis spp.*, efetiva contra gram-positivas e seus esporos, mas não efetiva contra gram-negativas. Bactérias produtoras de ácido láctico podem alterar o pH de um alimento de tal forma que o tornem ácido demais para o crescimento de outros microrganismos. Formação de compostos alcalinos, como aminas formadas por ação das descarboxilases, resulta no aumento do pH do alimento, propiciando bactérias anteriormente inibidas em pH ácido. Bacteriocinas e bactérias produtoras de bacteriocinas em alimentos são um recurso tecnológico na produção de certos alimentos, utilizadas como controle de microrganismos patogênicos.

A respeito da inter-relação entre os fatores que afetam o crescimento microbiano em alimentos, compostos químicos, como conservantes — nitritos e nitratos — e fosfatos podem ser adicionados com o propósito de estender a validade dos alimentos. Os ácidos orgânicos provocam o rompimento da membrana dos microrganismos, inibem as reações formadoras de metabólitos essenciais, estresse na homeostase do pH intracelular e acumulação de íons tóxicos. O peróxido de hidrogênio — sistema lactoperoxidase encontrado no leite — tem efeito antimicrobiano, produz redução incompleta do oxigênio molecular, gerando superóxido e outros íons que são letais para as bactérias. Os quelantes, como o ácido cítrico, os sais de cálcio e dissódio do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) inibem o crescimento de *Clostridium botulinum* devido à atividade quelante do cálcio. As pequenas biomoléculas orgânicas, como o eugenol no cravo, a alicina no alho e o alilisotiocianato na mostarda, inibem o crescimento microbiano, por serem hidrofóbicos e alterarem ou romperem a membrana dos microrganismos.

A temperatura é, provavelmente, o mais importante fator ambiental que afeta o crescimento microbiano. A velocidade específica de desenvolvimento diminui à medida que a temperatura se afasta da ótima, até que cesse o desenvolvimento ou ocorra a morte da célula. Cada microrganismo tem uma temperatura ótima de crescimento e uma faixa de crescimento. De acordo com as preferências de temperatura para o seu crescimento, os microrganismos são agrupados em quatro categorias: mesófilos: crescimento ótimo entre 25 °C e 45 °C; psicrófilos: requerem baixas temperaturas para seu crescimento, pois seu crescimento ótimo se dá abaixo de 15 °C, e morrem em temperatura ambiente; psicrotróficos: crescimento ótimo acima de 20 °C, mas podem crescer em temperaturas de refrigerador; termófilos: crescimento ótimo entre 50 °C e 80 °C (ex.: *Bacillus* e *Clostridium*).

A umidade relativa (UR) influencia diretamente a atividade de água (AA) do alimento. Em um ambiente com alta UR, o alimento absorve água e aumenta a AA; em um ambiente com baixa UR, o alimento perde água e diminui a AA. Altera-se a capacidade de multiplicação do microrganismo nesse alimento. No equilíbrio, $UR = AA \times 100$. Por exemplo, um alimento armazenado em um ambiente com UR = 70%, quando atingir o equilíbrio com este ambiente, terá sua AA = 0,70. O binômio UR/temperatura não pode ser desprezado. Geralmente, quanto mais baixa for a temperatura de estocagem, menor deverá ser a UR, e vice-versa. Alterando-se a atmosfera gasosa, é possível retardar a deterioração da superfície sem o abaixamento da UR.

No que se refere à presença e concentração dos gases da atmosfera que envolvem o alimento, a presença e ausência do oxigênio influencia no crescimento microbiano em alimentos, pois podem alterar o potencial de redox do alimento. Nas atmosferas modificadas e controladas, o oxigênio é substituído por outros gases, como o gás carbônico e o nitrogênio. Para maçãs e peras, é recomendável atmosfera com 10% de CO₂, de maneira a provocar, assim, o retardamento da maturação e da putrefação causada por fungos. Certos vegetais, principalmente frutas, são conservadas em atmosfera que contém ozônio. Não é recomendado o uso desse gás em alimentos com alto teor de lipídeos, por acelerar a rancificação.

QUESITOS AVALIADOS

Quesito 2.1

Conceito 0 – Não citou nenhum fator intrínseco nem extrínseco.

Conceito 1 – Citou apenas um fator intrínseco ou um fator extrínseco.

Conceito 2 – Citou dois fatores apenas intrínsecos ou extrínsecos.

Conceito 3 – Citou dois fatores intrínsecos e apenas um extrínseco, ou dois fatores extrínsecos e apenas um intrínseco.

Conceito 4 – Citou dois fatores intrínsecos e dois fatores extrínsecos.

Quesito 2.2

Conceito 0 – Não abordou o aspecto.

Conceito 1 – Explicou, corretamente, a influência de apenas um dos fatores requisitados no crescimento microbiano em alimentos.

Conceito 2 – Explicou, corretamente, a influência de apenas dois dos fatores requisitados no crescimento microbiano em alimentos.

Conceito 3 – Explicou, corretamente, a influência de apenas três dos fatores requisitados no crescimento microbiano em alimentos.

Conceito 4 – Explicou, corretamente, a influência de todos os fatores requisitados no crescimento microbiano em alimentos.

Quesito 2.3

Conceito 0 – Não abordou o aspecto.

Conceito 1 – Explicou, corretamente, a influência de apenas um dos fatores requisitados na conservação de alimentos.

Conceito 2 – Explicou, corretamente, a influência de apenas dois dos fatores requisitados na conservação de alimentos.

Conceito 3 – Explicou, corretamente, a influência de apenas três dos fatores requisitados na conservação de alimentos.

Conceito 4 – Explicou, corretamente, a influência de todos os fatores requisitados na conservação de alimentos.