



Proteínas: Hidrólise, Precipitação e um Tema para o Ensino de Química

Wilmo Ernesto Francisco Junior e Welington Francisco

A Bioquímica é uma área interdisciplinar que possui muitas interfaces com a Química. Entretanto, temas associados a ela dificilmente são abordados nas aulas de Química no ensino de nível médio. Um dos principais objetos de estudos da Bioquímica são as proteínas, as biomoléculas mais abundantes nos seres vivos. Com base nisto, neste artigo apresenta-se uma introdução aos conceitos básicos sobre proteínas, bem como um experimento simples para auxiliar a discussão de diversos conceitos químicos, além de sugestões de temas para debates em sala de aula.

► Bioquímica, proteínas, experimentação ◀

Recebido em 19/1/06, aceito em 9/10/06

A Bioquímica possui, como objetivo básico, mostrar como moléculas destituídas de vida conseguem interagir entre si e perpetuar a vida como se conhece, isto é, mostrar em termos químicos a vida em suas diferentes formas. Entretanto, embora a Bioquímica seja por si só uma área interdisciplinar, e tenha potencial para ser utilizada no ensino de Química, ainda é pouco explorada pelos professores de Química no Ensino Básico (Correia *et al.*, 2004). Por esses motivos, este artigo discute alguns conceitos básicos sobre proteínas e apresenta um experimento simples, com o intuito de auxiliar a discussão de conceitos químicos relacionados às proteínas, bem como o debate de temas associados.

Os aminoácidos e a constituição das proteínas

As proteínas, cujo nome vem da palavra grega *protos*, que significa “a primeira” ou a “mais importante”, são as biomoléculas mais abundantes nos seres vivos, estando presentes em todas as partes de uma célula. Não

bastasse isso, as proteínas assumem uma diversidade de funções biológicas, com propriedades e atividades fantásticamente distintas, como em músculos, cabelos, unhas, penas de pássaros, anticorpos e uma série de outros exemplos, cada qual exibindo um papel biológico característico.

As proteínas são polímeros cujas unidades constituintes fundamentais são os aminoácidos. Os aminoácidos (Figura 1), por sua vez, são moléculas orgânicas as quais possuem ligadas ao mesmo átomo de carbono (denominado de carbono α) um átomo de hidrogênio, um grupo amina, um grupo carboxílico e uma cadeia lateral “R” característica para cada aminoácido. Essa cadeia lateral é o que difere os aminoácidos em sua estrutura, tamanho, cargas elétricas e solubilidade em água. Além de conferir propriedades físico-químicas

Proteínas são polímeros cujas unidades constituintes fundamentais são os aminoácidos. Os aminoácidos, por sua vez, são moléculas orgânicas que possuem ligadas ao mesmo átomo de carbono um átomo de hidrogênio, um grupo amina, um grupo carboxílico e uma cadeia lateral

diferentes a cada aminoácido, as cadeias laterais são também responsáveis por forças estabilizadoras, advindas de interações fracas (ligações de hidrogênio, hidrofóbicas, eletrostáticas etc.), que mantêm as estruturas conformacionais enoveladas das proteínas.

Os aminoácidos presentes nas moléculas de proteínas são ligados covalentemente uns aos outros por uma ligação denominada de ligação peptídica. Essa ligação é formada por uma reação de con-

densação entre o grupo carboxílico de um aminoácido e um grupo amina de outro aminoácido (Figura 2). Vale também ressaltar que, essencialmente, apenas 20 aminoácidos, representados no Quadro 1, são responsáveis por produzir todas as proteínas, seja qual for a forma de vida. Além disso, com exceção da glicina, todos os aminoácidos são estereoisômeros. Os estereoisômeros são compostos químicos de mesma fórmula molecular nos quais os átomos constituintes estão ligados

A seção “Conceitos científicos em destaque” tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química. Neste número a seção apresenta dois artigos.

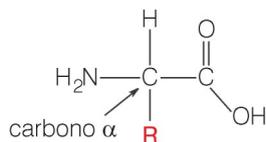


Figura 1: Estrutura geral dos aminoácidos com destaque para o carbono α e para a cadeia lateral "R" característica para cada aminoácido.

na mesma seqüência, diferindo somente pela disposição dos átomos no espaço.

Estrutura e funções das proteínas

As proteínas podem ser classificadas quanto ao nível conformacional adquirido. A seqüência de aminoácidos de uma proteína é denominada de estrutura primária. O termo estrutura secundária refere-se à conformação local de alguma porção de um polipeptídeo, ou seja, é o arranjo tridimensional de aminoácidos localizados mais próximos dentro da estrutura primária. As estruturas secundárias mais comuns são a α -hélice e a folha beta (Figuras 3 e 4, respectivamente). As estruturas secundárias α -hélice e folha beta geralmente aparecem concomitantemente numa mesma proteína, constituindo partes da estrutura terciária de um polipeptídeo enovelado. Já a estrutura terciária, por sua vez, é o arranjo espacial ou enovelamento de toda uma cadeia polipeptídica. A estrutura terciária inclui interações de aminoácidos bem mais distantes na cadeia

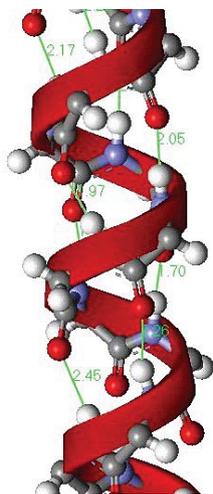


Figura 3: Estrutura secundária helicoidal α -hélice das proteínas. Destaque para a hélice orientada à direita e para as ligações de hidrogênio intracadeia.

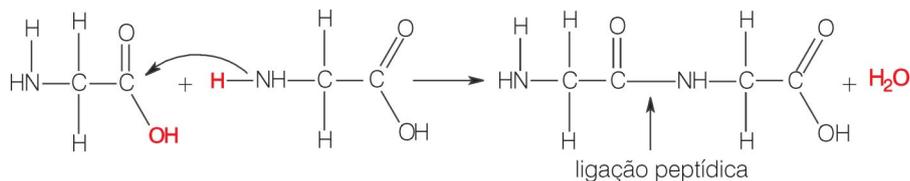


Figura 2: Reação de condensação entre duas moléculas do aminoácido glicina, demonstrando a formação da ligação peptídica.

primária. A disposição de mais de uma cadeia polipeptídica – denominadas subunidades – na composição de uma mesma molécula de proteína é chamada de estrutura quaternária. Essas estruturas estão ilustradas na Figura 5.

As proteínas podem também ser divididas em dois grupos principais: as proteínas globulares e as proteínas fibrosas (Figura 6). As proteínas fibrosas apresentam propriedades que conferem resistência mecânica, flexibilidade e suporte às estruturas nas quais são encontradas. Essas proteínas possuem cadeias polipeptídicas arranjadas em feixes, consistindo tipicamente um único tipo de estrutura secundária, além de serem insolúveis em água, devido à elevada ocorrência de aminoácidos hidrofóbicos tanto na parte externa como interna da proteína. Por sua vez, as proteínas globulares, que incluem enzimas, proteínas transportadoras, motoras e regulatórias, se apresentam em formas esféricas ou globulares. A ocorrência de aminoácidos hidrofóbicos nas proteínas globulares é maior na parte interna das proteínas, enquanto na parte externa predomina a presença de aminoácidos hidrofílicos. Geralmente, possuem mais de um tipo de estrutura secundária.

A proposta experimental

Material

- Solução de amaciante de carne (filtrado resultante da suspensão de 7,5 g de amaciante em 10 mL de água)
- Medicamento digestivo¹ (medicamento líquido ou sobrenadante obtido após trituração, solubilização e filtração de um comprimido)
- Extrato de suco de abacaxi concentrado (bata no liquidificador 6 fatias de abacaxi e filtre em papel de filtro o extrato resultante, o qual apresentará atividade enzimática estável por cerca de uma semana, se mantido congelado)
- Solução saturada de sal de cozinha (dissolva aproximadamente 2 g em 50 mL de H₂O)
- Álcool (etanol comercial 92%)
- Folha de gelatina em pó
- Clara de ovo

Procedimento

Prepare nove tubos de ensaio contendo folha de gelatina como substrato (dissolva aproximadamente 0,5 g de gelatina em 2,5 mL de água) e outros três contendo clara de ovo como

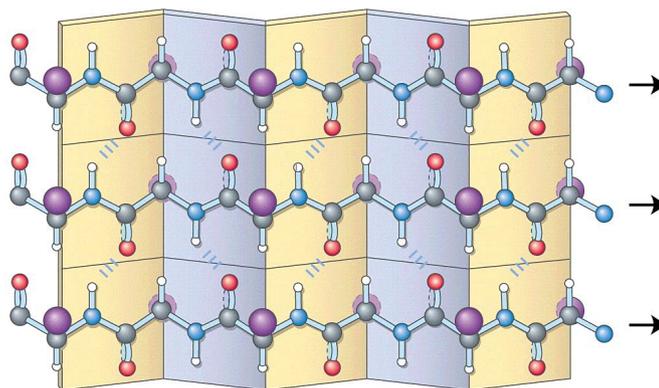
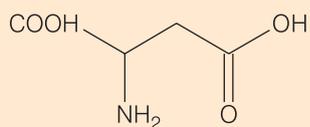


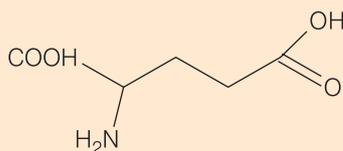
Figura 4: Vista superior da estrutura secundária de folhas β paralelas das proteínas, cujas cadeias são estendidas lado a lado para formar estruturas semelhantes a pregas. Esse arranjo é estabilizado por ligações de hidrogênio entre segmentos adjacentes da cadeia. Nas folhas β paralelas, a orientação aminoterminal e carboxiterninal das cadeias é a mesma.

Quadro 1

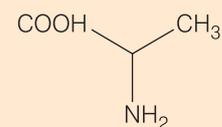
Representação estrutural dos 20 aminoácidos responsáveis pela composição das moléculas protéicas dos seres vivos.



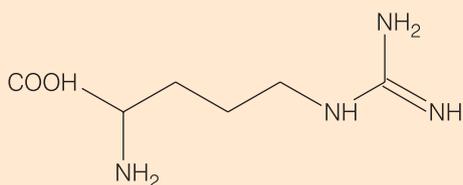
ácido aspártico



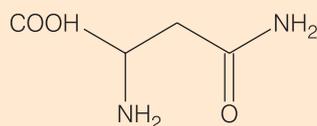
ácido glutâmico



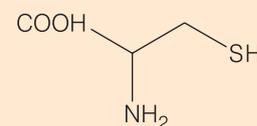
alanina



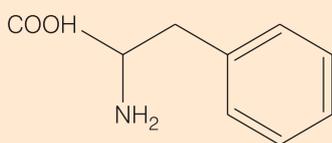
arginina



asparagina



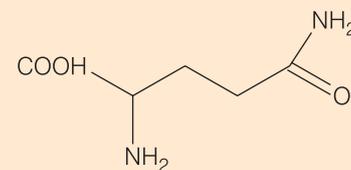
cisteína



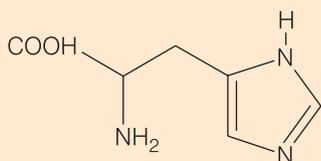
fenilalanina



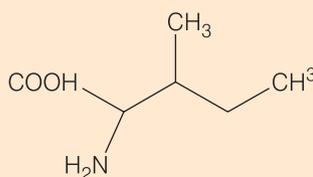
glicina



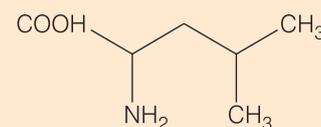
glutamina



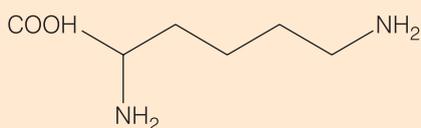
histidina



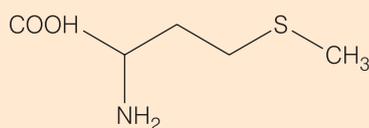
isoleucina



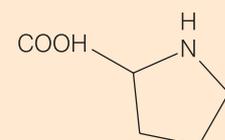
leucina



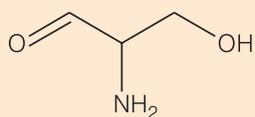
lisina



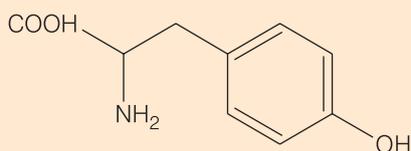
metionina



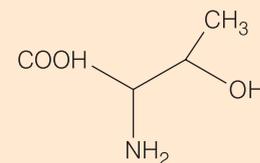
prolina



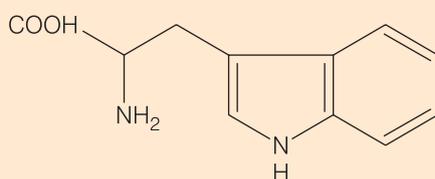
serina



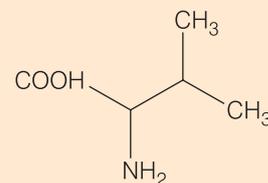
tirosina



treonina



triptofano



valina

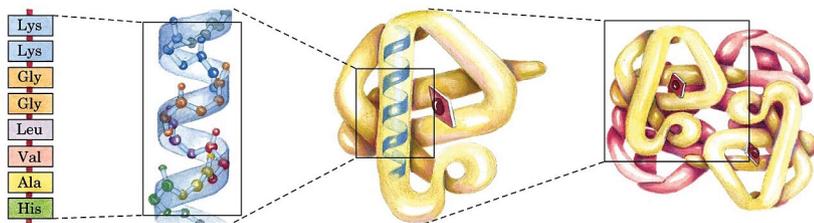


Figura 5: Esquema representativo dos diferentes níveis de estrutura protéica da molécula de hemoglobina.

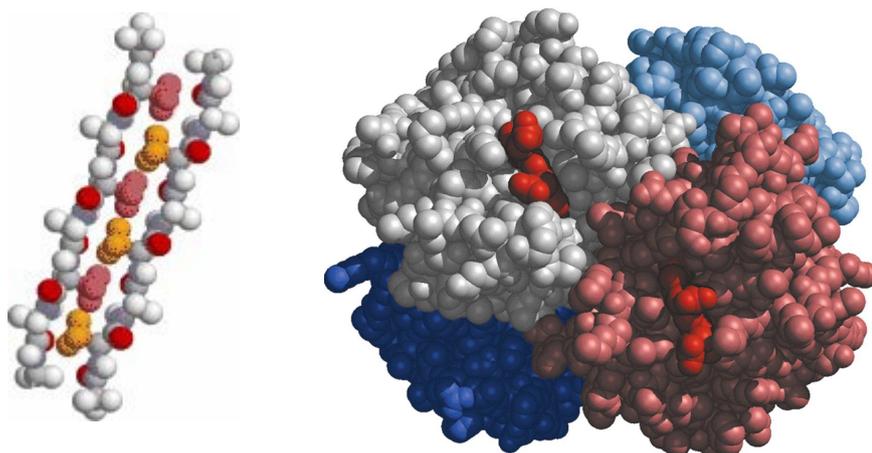


Figura 6: Estrutura geral das proteínas fibrosas (esquerda) e globulares (direita).

substrato (2,5 mL). Coloque os tubos contendo gelatina em banho-maria para facilitar a solubilização. Adicione aos tubos 2,5 mL dos reagentes, conforme apresentado na Tabela 1. Após a adição dos reagentes, resfrie os tubos contendo gelatina em banho de gelo. Observe e compare os resultados.

Hidrólise da gelatina por enzimas proteolíticas: Explicações

A gelatina é um derivado alimentar do colágeno composta por uma mistura de polipeptídeos. Sua obtenção é realizada pela hidrólise parcial do colágeno. Uma das principais características da gelatina é sua capacidade de gelatinização. Em temperaturas não muito elevadas, a gelatina apresenta a propriedade de reter moléculas de água, formando assim um gel. Como mostra a Tabela 2, a gelatinização é observada nos experimentos 1, 3, 5 e 7, onde incuba-se gelatina com a água e com as soluções fervidas de amaciante de carne, do medicamento digestivo e do extrato de suco de abacaxi. Por outro lado, nos demais ensaios (experimentos 2, 4, 6, 8 e 9) a gelatinização não é verificada.

Nos experimentos 2, 4 e 6 a gelatinização não é mais verificada devido à hidrólise enzimática das ligações peptídicas da gelatina. As enzimas são proteínas que atuam com grande especificidade acelerando a reação química de determinadas moléculas, denominadas de substratos, para a manutenção e regulação de todo o metabolismo dos seres vivos. A importância das enzimas não se restringe apenas à manutenção da vida, mas também em processos industriais e tecnológicos como a produção de be-

bidas, alimentos, vacinas, dentre outros (Lima *et al.*, 2001).

As enzimas encontradas no abacaxi (bromelina), no amaciante de carne (papaina) e nos medicamentos digestivos (pepsina) são enzimas classificadas como proteases. As proteases são enzimas que catalisam especificamente a clivagem hidrolítica de ligações peptídicas, causando a quebra das proteínas em fragmentos menores (peptídeos). A hidrólise de uma proteína faz com que esta perca sua estrutura e, conseqüentemente, suas propriedades e características (formação do gel).

Em contrapartida, quando se utiliza os reagentes fervidos, as enzimas neles presentes são desnaturadas pela temperatura, fato que impede as mesmas de catalisarem a hidrólise das ligações peptídicas da gelatina. A desnaturação, também chamada de denaturação, é a perda total ou parcial da estrutura tridimensional de uma proteína, a qual resulta, quase invariavelmente, em perda da atividade biológica. Este é um processo familiar que ocorre quando um ovo é frito ou cozido. No caso da temperatura, a desnaturação é provocada pelo rompimento de interações fracas devido ao aumento da vibração dos átomos com o aquecimento. A desnaturação pode ocorrer não só pelo aquecimento, mas também pela ação de outros fatores como pH, solventes orgânicos etc.

Precipitação de proteínas

No caso da adição de etanol, o que se observa é a precipitação das

Tabela 1: Substratos e respectivos reagentes a serem adicionados em cada experimento.

Experimento	Substrato	Reagente
1	gelatina	água (branco)
2	gelatina	extrato de abacaxi
3	gelatina	extrato de abacaxi fervido
4	gelatina	medicamento digestivo
5	gelatina	medicamento digestivo fervido
6	gelatina	solução de amaciante de carne
7	gelatina	solução de amaciante de carne fervida
8	gelatina	solução de sal de cozinha
9	gelatina	etanol
10	clara de ovo	água (branco)
11	clara de ovo	etanol
12	clara de ovo	solução de sal de cozinha

Tabela 2: Resultados obtidos em cada um dos experimentos realizados.

Experimento	Resultado observado
1	gelatinização
2	nenhum
3	gelatinização
4	nenhum
5	gelatinização
6	nenhum
7	gelatinização
8	leve turvação
9	precipitação
10	nenhum
11	precipitação
12	leve turvação

proteínas da gelatina e da clara de ovo (Tabela 2). Essa precipitação é ocasionada pela desnaturação das proteínas devido à adição do etanol, o que causa o rompimento das interações fracas. A adição da solução de sal de cozinha provoca o chamado efeito *salting out*, que consiste na diminuição da interação das proteínas com a água, devido à solvatação dos íons presentes na solução salina. Essa diminuição de interação entre a água e as proteínas provoca a coagulação das mesmas, originando uma leve turvação da solução (Tabela 2).

Sugestões para possíveis discussões

A introdução dos conceitos de proteínas pode auxiliar a discussão de aspectos de seu metabolismo. Temas como alimentação, hábitos alimentares e a importância de uma dieta balanceada são assuntos interessantes de serem explorados com o auxílio do professor de Biologia. O papel catalítico das enzimas e o estudo de aspectos sobre cinética química também podem ser complementados a partir de experimentos descritos por Correia *et al.* (2004). Aspectos sobre isomeria, sobretudo isomeria óptica, podem ser introduzidos a partir da estrutura dos aminoácidos. A assimetria molecular é uma propriedade

bastante explorada na atuação farmacológica de medicamentos (Coelho, 2001).

O conceito de soluções tampões pode ser também abordado com o estudo das estruturas dos aminoácidos, pois os mesmos comportam-se como tampões em valores de pH próximos (± 1) aos dos de seus pK_a s. Forças intermoleculares também são fundamentais, pois além de estabilizarem as estruturas protéicas, são responsáveis pelas interações de um fármaco com seu sítio de ação no sistema biológico (Fraga, 2001). Outrossim, o professor de Física pode aproveitar o efeito da temperatura na desnaturação das proteínas para abordar a dilatação dos corpos e/ou processos de troca de calor.

Considerações finais

Com base nos aspectos aqui discutidos, espera-se que o presente trabalho provoque discussões e desperte a atenção em relação à importância da Bioquímica para o ensino de diversos conceitos químicos, bem como a discussão de temas relacionados ao cotidiano e, sobretudo, a respeito do seu caráter interdisciplinar. O experimento é de simples execução e de fácil visualização, além de permitir uma discussão pautada no dia-a-dia dos alunos, com uma introdução em nível fenomenológico e posterior abordagem teórica, sempre levando em conta as relações intercambiáveis entre teoria e prática.

Questões para discussão

- Por que os amaciantes de carne são utilizados para amolecer as carnes?
- Por que se pode utilizar abacaxi para amaciar carnes em churrascos? Qual a relação do abacaxi com os amaciantes de carne?
- Explique o motivo pelo qual o uso dos reagentes fervidos provoca a gelatinização.
- Discuta a importância das enzimas no corpo humano, bem como

em processos industriais.

- Qual o efeito da adição do álcool aos tubos de reação? E do sal de cozinha?

Nota

1. Medicamento que contenha a enzima pepsina, única enzima presente no estômago capaz de digerir o colágeno. Alguns exemplos de medicamentos cujo princípio ativo é a pepsina são o Peptopancreasi® e o Primeral®.

Wilmo Ernesto Francisco Junior (wilmojr@bol.com.br), bacharel e licenciado em Química e mestre em Biotecnologia pela Unesp, é professor de Química do Senac, em Araraquara - SP. **Wellington Francisco** (wellington@grad.iq.unesp.br) é aluno do curso de bacharelado em Química do Instituto de Química da Unesp em Araraquara - SP.

Referências bibliográficas

COELHO, F.A.S. Fármacos e quiralidade. Em: TORRES, B.B. e BARREIRO, E.J. (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 3, p. 23-32, 2001.

CORREIA, P.R.M.; DAZZANI, M.; MARCONDES, M.E.R. e TORRES, B.B. A Bioquímica como ferramenta interdisciplinar: Vencendo o desafio da integração de conteúdos no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, n. 19, p. 19-23, 2004.

FRAGA, C.A.M. Razões da atividade biológica: Interações micro- e biomacromoléculas. Em: TORRES, B.B. e BARREIRO, E.J. (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 3, p. 33-42, 2001.

LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. e SCHMIDELL, W. *Biotecnologia industrial: Processos fermentativos e enzimáticos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

Para saber mais

NELSON, D.L. e COX, M.M. *Lehninger: Princípios de Bioquímica*. 3ª ed. Trad. A.A. Simões e W.R.N. Lodi. São Paulo: Sarvier, 2002.

VOET, D.; VOET, J.G. e PRATT, C.W. *Fundamentos de Bioquímica*. Trad. A.G. Fett Neto. Porto Alegre: Artmed, 2000.

Abstract: *Proteins: Hydrolysis, Precipitation and a Theme for Chemistry Teaching* – Biochemistry is an interdisciplinary area that has many interfaces with chemistry. Nevertheless, themes associated to it are seldom covered in the high-school chemistry classes. Proteins, the most abundant biomolecules in living beings, are one of the main subjects of study in biochemistry. Taking this into account, in this paper an introduction to the basic concepts on proteins is presented, as well as a simple experiment to help with the discussion of the several chemical concepts, beside suggestions of themes for debates in the classroom.

Keywords: biochemistry, proteins, experimentation