

do porque dois órgãos cuja função é essencial para a vida só estão gravemente atingidos nos últimos estádios — o rim e o coração.

JORGE HORTA

amilopectina — BIOL. É o polissacárido ramificado constituinte do amido, com dimensões variáveis (em geral de 2000 a 220 000 unidades de glucose), mas sempre maior que o componente não-ramificado, a amilose. As ligações glucosídicas presentes na A. são do tipo α -1,4, na formação das cadeias principais, e α -1,6, para originar as ramificações. É assim possível reconhecer dois tipos de dissacáridos na molécula, a maltose (ligações α -1,4) e a isomaltose (ligações α -1,6).

C. PINTO RICARDO

amiloplasto — BOT. É um \mathcal{N} plastídeo não pigmentado que armazena amido. Os amiloplastídeos ou A. podem ser observados em diversos órgãos vegetais, p. ex., nos tubérculos de batateira, na banana e nas cariopses dos cereais. Resultam, tal como os outros plastídeos, da diferenciação dos protoplastídeos.

ANA MONTEIRO

amilose — BIOQ. É o polissacárido não ramificado constituinte do amido. É de pequenas dimensões (50 a 1500 unidades de glucose) mas heterogéneo, uma vez que têm sido isoladas fracções com um número variável de unidades de glucose. A ligação glucosídica que o origina é do tipo α -1,4, o que define um único tipo de dissacárido, a maltose. As cadeias de A. enrolam-se em hélices (mantidas por pontes de hidrogénio), as quais reversivelmente se desfazem por acção do calor. A característica coloração arroxeadada que o amido origina com o iodo parece ser devida a fenómenos de refração luminosa, resultantes da presença dos átomos do elemento no interior das hélices.

C. PINTO RICARDO

aminação — BIOQ. É a introdução de um grupo amínico ($-\text{NH}_2$) num componente orgânico de carbono. A A. pode ser obtida por \mathcal{N} transaminação, em reacções catalisadas por \mathcal{N} aminotransferases, ou por A. redutiva, com o consumo de potencial redutor, como é o caso, p. ex., da reacção catalisada pela glutamato desidrogenase.

R. BOAVIDA FERREIRA

aminas — QUÍM. Compostos orgânicos azotados que se podem considerar derivados da molécula de amoníaco NH_3 por substituição de um, dois ou três átomos de hidrogénio por grupos alquilo ou arilo, resultando assim, respectivamente, A. primárias, RNH_2 , secundárias, R_2NH , e A. terciárias, R_3N . Apresentam propriedades básicas formando sais de amónio com os ácidos. As metilaminas são gasosas mas os termos seguintes já são líquidos. A A. aromática mais simples é a anilina. As A. são importantes em síntese química. Na natureza as A. aparecem sobretudo nas plantas sob formas estruturais mais ou menos complexas constituindo os \mathcal{N} alcalóides.

H. M. NOVAIS

aminas biogénicas — BIOQ. Constituem uma classe de compostos de grande importância biológica e farmacológica, caracterizados pela presença de, pelo menos, um grupo amínico na sua molécula. Como aminas que são, podem considerar-se derivadas do amoníaco (NH_3), no qual os três átomos de hidrogénio podem ser substituídos por um, dois ou três radicais, para originar, respectivamente, aminas primárias, secundárias ou terciárias. O grupo carboxílico característico dos \mathcal{N} aminoácidos está ausente nas aminas, de modo que estas se comportam como catiões a valores de pH fisiológicos. Apresentam uma ampla distribuição nos reinos animal e vegetal, onde ocorre uma grande variedade destes compostos. Podem agrupar-se nas seguintes categorias: *derivados da etanolamina* (p. ex.: colina, acetilcolina e muscarina); *polimetileno-diaminas* (p. ex.: putrescina e cadaverina); *poliaminas* (p. ex.: espermidina e espermina); *imidazolilalquilaminas* (p. ex.: histamina); *fenilalquilaminas* (p. ex.: mescalina, tiramina e hordenina); *catecolaminas* (p. ex.: adrenalina, noradrenalina e dopamina); *indolilalquilaminas* (p. ex.: triptamina e serotonina); *betaínas* (p. ex.: carnitina). Desempenham papéis fisiológicos muito diversos, podendo funcionar como neurotransmissores, componentes de fosfolípidos, vitaminas ou ribossomas, precursores de alcalóides ou hormonas, na protecção contra predadores, etc. Algumas são alucinantes, como a mescalina, outras tóxicas, como a cadaverina e a putrescina. Com excepção das betaínas, as A. B. são normalmente sintetizadas por descarboxilação e hidroxilação de aminoácidos. Deste modo, a tiramina e as catecolaminas derivam da tirosina, a triptamina, serotonina e melatonina do triptofano, a histamina da histidina, o ácido 4-aminobutírico do ácido glutâmico, a propanolamina da treonina, a cisteamina da cisteína, a cadaverina da lisina, a putrescina da ornitina, a espermidina e a espermina da metionina e a etanolamina da serina.

R. BOAVIDA FERREIRA

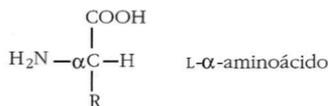
aminação — AGR. Fenómeno através do qual o azoto presente no solo em formas orgânicas de estrutura complexa, nomeadamente macromoléculas, em que predominam proteínas associadas a lenhinas, glúcidos e partículas de argila, é convertido em substâncias mais simples, sobretudo aminoácidos, amidas e aminas. A conversão é efectuada por microrganismos heterotróficos, fungos e bactérias (predominando os primeiros em solos ácidos e as segundas em solos neutros e alcalinos), que recebem a designação de *aminizantes*. A acção daqueles microrganismos desenvolve-se através de várias transformações, as quais, de forma abreviada, podem ser traduzidas pela seguinte reacção: Proteínas \rightarrow $\text{R-NH}_2 + \text{CO}_2 +$ energia + outros produtos.

O azoto orgânico, assim obtido, vai ser ainda utilizado por microrganismos heterotróficos, na fase seguinte da mineralização, a chamada *amonificação*.

J. QUELHAS DOS SANTOS

aminoácidos — BIOQ. *Generalidades.* Aminoácidos, também designados por ácidos aminocarboxílicos ou ácidos aminados, são

compostos orgânicos que possuem na sua molécula pelo menos um grupo amínico e um grupo carboxílico. São designados por α , β , γ , ..., conforme a posição do átomo de carbono que contém o grupo amínico, relativamente ao grupo carboxílico. Deste modo, um α -aminoácido possui um átomo de carbono central, designado por carbono α , ao qual se encontram ligados covalentemente um grupo amínico, um grupo carboxílico, um átomo de hidrogénio e uma cadeia lateral R, a qual varia de A. para A.:



A grande maioria dos A. com importância biológica pertence à série α . Contudo, constituem exemplos, bem conhecidos a β -alanina e o ácido γ -aminobutírico. Com excepção da glicina, para a qual R=H, todos os α -aminoácidos podem existir em duas configurações, designadas por L e D, devido à natureza assimétrica ou quirálca do carbono α . Na natureza, a quase totalidade dos A. pertence à série L, encontrando-se apenas cerca de 20 D-aminoácidos D-alanina e o ácido D-glutâmico da parede celular de algumas bactérias e vários D-aminoácidos nalguns péptidos com propriedades antibióticas. Alguns A. contêm dois ou mais átomos de carbono assimétricos. É o caso, p. ex., da treonina e da isoleucina, os quais, por possuírem dois centros de assimetria, podem ocorrer em quatro configurações, nomeadamente L, D, L-*allo* e D-*allo*.

Classificação. Os A. podem ser convenientemente agrupados em três grandes classes: A. proteicos, A. raros e A. não-proteicos. Os A. proteicos encontram-se codificados no código genético, podendo, por isso, ser directamente incorporados nas proteínas. Existem 20 A. proteicos, os quais pertencem todos à série α e, com excepção da glicina, apresentam todos a configuração L. Não é conhecida a razão pela qual todos os A. proteicos são da série L, uma vez que, do ponto de vista biológico, não parecem apresentar qualquer vantagem relativamente aos seus isómeros de série D. A tabela seguinte lista os 20 A. proteicos, assim como as suas abreviaturas.

Aminoácido	Abreviaturas	
Alanina	Ala	A
Arginina	Arg	R
Asparagina	Asn	N
Ácido aspártico	Asp	D
Cisteína	Cys	C
Glutamina	Gln	Q
Ácido glutâmico	Glu	E
Glicina	Gly	G
Histidina	His	H
Isoleucina	Ile	I
Leucina	Leu	L
Lisina	Lys	K
Metionina	Met	M
Fenilalanina	Phe	F
Prolina	Pro	P
Serina	Ser	S
Treonina	Thr	T
Triptofano	Trp	W
Tirosina	Tyr	Y
Valina	Val	V

Basicamente, os 20 A. proteicos diferem entre si pela cadeia lateral R. Esta cadeia constitui, por isso, a base das diversas classificações dos A. proteicos, os quais podem ser agrupados de acordo com a sua estrutura, polaridade, etc. Do ponto de vista estrutural, os A. proteicos podem ser classificados em A. alifáticos de cadeia linear (Gly e Ala), A. de cadeia ramificada (Val, Leu e Ile), hidroxiaminoácido (Ser e Thr), A. sulfurados (Cys e Met), A. aromáticos (Phe e Tyr), A. heterocíclicos (Trp e His), A. básicos (Lys e Arg), A. ácidos e suas amidas (Asp, Glu, Asn e Gln) e iminoácidos (Pro).

Uma análise detalhada da constituição das proteínas permite detectar a presença de mais de uma centena de A. de ocorrência rara nestes polímeros. Estes A. não se encontram codificados no código genético, não podendo, por isso, ser directamente incorporados em proteínas. São exemplos, a cistina, a citrulina, a N-formilmetionina, a O-galactosilserina e a N-acetiltreonina.

Além dos A. constituintes das proteínas (A. proteicos e A. raros), tanto os animais como as plantas e os microrganismos possuem uma grande diversidade de outros A. — os A. não-proteicos — que podem estar presentes nas células na forma livre ou combinada, mas não incorporados em proteínas. São hoje conhecidos mais de 200 A. não-proteicos, a maior parte dos quais parece ocorrer apenas nas plantas e frequentemente limitados a alguns grupos taxonómicos. Alguns destes A., como é o caso da cistationina e da sacaropina, desempenham funções importantes no metabolismo primário. Contudo, a grande maioria destes compostos possui funções obscuras ou desconhecidas sendo, por isso, frequentemente considerados como produtos do metabolismo secundário. Muitos A. não-proteicos das plantas são tóxicos para os animais, para as plantas e para os microrganismos. Outros ocorrem em quantidades muito elevadas em determinados tecidos vegetais, como é o caso do 5-hidroxitriptofano, da canavanina ou da 3,4-dihidroxitriptofano, podendo constituir até 14% do peso das sementes de algumas leguminosas. Protecção contra a predação e reserva são possivelmente duas das muitas funções que estes A. desempenham nas plantas.

Propriedades. Quando em solução aquosa, os grupos carboxílico e amínico dos A., assim como algumas das suas cadeias laterais R, encontram-se numa forma ionizada. No entanto, consoante o pH do meio em que o A. se encontra, assim ele poderá apresentar uma carga eléctrica global neutra, positiva ou negativa. Os A. são, por isso, substâncias anfotéricas. O valor do pH a que se observa um equilíbrio eléctrico entre as suas cargas positivas e negativas, i. é., para o qual o A. apresenta uma carga global neutra, denomina-se ponto isoeléctrico desse A., e a forma do A. que lhe corresponde designa-se por «zwitterião». A natureza anfotérica dos A. tem importantes implicações biológicas por se reflectir directamente nas propriedades das proteínas. Este comportamento ácido-base dos A. permite a utilização de técnicas de electroforese e de cromatografia de troca iónica na análise de

A., de péptidos e de proteínas. Embora nenhum dos 20 A. proteicos absorva radiação electromagnética na região do visível, a Phe, o Trp e a Tyr apresentam picos de absorção na região ultravioleta. Uma vez que estes A. estão presentes na quase totalidade das proteínas, a medição espectrofotométrica da absorbância a 280 nm constitui um método prático e expedito de detectar e quantificar proteínas em solução.

Reacções químicas. As reacções químicas características dos A., importantes na identificação e determinação quantitativa destes compostos, correspondem às reacções dos seus grupos funcionais, ou seja, do grupo carboxílico, do grupo amínico e dos grupos funcionais presentes nalgumas das suas cadeias laterais R. Constituem exemplos de reacções importantes dos A. a esterificação do grupo carboxílico com álcool metílico ou etílico na presença de catalisadores ácidos, a reacção do ácido nítrico (método de van Slyke), do 2,4-dinitrofluorbenzeno (reagente de Sanger), ou do hidrato de triceto-hidrindeno (ninidrina) com o grupo amínico, e a reacção do reagente de Ellman (DTNB) ou da *N*-etilmaleimida (NEM) com o grupo tiólico da cisteína.

Biossíntese. Os esqueletos carbonados dos A. derivam de alguns metabolitos intermediários da glicólise, da via dos fosfatos de pentose e do ciclo do ácido cítrico. Por isso, é frequente agrupar os 20 A. proteicos em seis famílias biossintéticas, de acordo com o metabolito que serve de base à sua síntese: (1) família do ácido glutâmico — o ácido 2 oxoglutarico é o precursor da síntese do Glu, Gln, Pro, Arg e, nos fungos e em *Euglena*, da Lys. (2) Família da serina — o ácido 3-fosfoglicérico é o precursor da síntese da Ser, Gly e Cys. (3) Família do ácido aspártico — o ácido oxaloacético é o precursor da síntese do Asp, Asn, Met, Thr, Ile e, nas bactérias e nas plantas, da Lys. (4) Família do ácido pirúvico — o ácido pirúvico é o precursor da síntese da Ala, Val e Leu. (5) Família dos A. aromáticos — o ácido fosfoenolpirúvico e a eritrose 4-fosfato são os precursores da síntese da Phe, Tyr e Trp. (6) Família da histidina — a ribose 5-fosfato é o precursor da síntese da His.

Os A. raros das proteínas são sintetizados por modificação covalente, após a translação, dos A. proteicos. Estas modificações podem ocorrer espontaneamente ou ser catalisadas por enzimas, envolvendo uma variedade de processos químicos como a glicosilação, a fosforilação, a hidroxilação, a metilação, a acetilação e a amidação. P. ex., a hidroxiprolina e a hidroxilisina, dois A. raros que ocorrem exclusivamente no colagénio, são sintetizados por hidroxilação de resíduos de prolina e de lisina, em reacções catalisadas pelas enzimas prolil hidroxilase e lisil hidroxilase, respectivamente.

Os A. não-proteicos podem ser sintetizados por 4 processos: (1) intermediários da síntese dos A. proteicos (ex.: homoserina); (2) modificação dos A. proteicos (ex.: 5-hidroxitriptofano); (3) modificação das vias de síntese dos A. proteicos (ex.: *S*-metilcisteína); (4) novas vias de síntese (ex.: latirina).

Catabolismo. Um dos primeiros passos no catabolismo dos A. consiste na separação do grupo amínico do seu esqueleto carbonado. Dois tipos principais de reacções são responsáveis por esta cisão: (1) as reacções de transaminação, catalisadas por aminotransferases, envolvem a transferência do grupo amínico de um A. dador para um α -cetoácido receptor, com a formação de um novo A. e um novo cetoácido. Em termos líquidos, estas reacções não originam a remoção de azoto dos A. mas permitem a concentração dos grupos amínicos no ácido glutâmico. (2) A reacção de desaminação oxidativa do ácido glutâmico, catalisada pela enzima glutamato desidrogenase, com a formação de amónio e de ácido 2-oxoglutarico. Este último composto pode ser posteriormente utilizado como α -cetoácido receptor em reacções de transaminação subsequentes ou entrar no ciclo do ácido cítrico. Dada a sua elevada toxicidade para as células, o amónio assim produzido é rapidamente reassimilado, no caso das plantas e microrganismos, ou excretado, no caso dos animais. A excreção pode ser feita sob a forma de amónio (nos organismos amonotéticos), ou após conversão em ácido úrico (nos organismos uricotéticos) ou em ureia (nos organismos ureotéticos; \nearrow *Ciclo da ureia*).

Após a remoção dos grupos amínicos, os esqueletos carbonados dos 20 A. proteicos são convertidos enzimaticamente em acetyl-CoA, em acetoacetato, em ácido pirúvico ou em intermediários do ciclo do ácido cítrico, os quais podem ser oxidados a CO₂ e H₂O pelo ciclo do ácido cítrico e cadeia mitocondrial de transporte de electrões, com a produção de ATP, ou ser utilizados na síntese de glucose ou de ácidos gordos. A. glicogénicos (Ala, Arg, Asn, Asp, Cys, Gln, Glu, Gly, His, Met, Pro, Ser, Thr e Val) são aqueles cujos esqueletos carbonados originam ácido pirúvico ou intermediários do ciclo do ácido cítrico, podendo ser, por isso, utilizados na síntese de glucose pela via da gluconeogénese. A. cetogénicos (Leu e Lys) são aqueles cujos esqueletos carbonados originam acetyl-CoA e acetoacetato, precursores dos ácidos gordos e dos corpos cetónicos. Alguns A. (Ile, Phe, Trp e Tyr) são simultaneamente glicogénicos e cetogénicos, uma vez que parte dos seus esqueletos carbonados é glicogénica e parte é cetogénica.

Funções fisiológicas. Os A. desempenham numerosas funções nos organismos vivos. Além do papel desempenhado como constituintes dos péptidos e proteínas, na produção de energia e na gluconeogénese, muitos A. são precursores directos ou indirectos da síntese de uma grande variedade de compostos de grande importância biológica, como é o caso da *S*-adenosilmetionina, etilamina, agmatina, ácido γ -aminobutírico, metilamina, histamina, cadaverina, putrescina, feniletilamina, etanolamina, triptamina, serotonina, tiramina, dopamina, noradrenalina, adrenalina, espermidina, espermina, melaninas, tiroxina, tri-iodotiroxina, creatina fosfato, ácido δ -aminolevulínico, lenhina, taninos, flavonóides, coenzima A, purinas,

pirimidinas, ácido fólico, ATP, NAD, NADP, taurina, vasopressina, ácido indolacético e etileno.

R. BOAVIDA FERREIRA

aminoácidos essenciais — BIOQ. Organismos distintos, possuem normalmente capacidades diferentes para sintetizar os 21 aminoácidos (AA) necessários à síntese das suas proteínas. Neste sentido, as plantas e muitos microrganismos são auto-suficientes, uma vez que conseguem sintetizar todos os AA que entram na constituição das proteínas. Por outro lado, as bactérias do género *Lactobacillus* dependem do fornecimento exterior de todos os AA proteicos. Os mamíferos encontram-se numa situação intermédia, sendo capazes de sintetizar cerca de metade dos AA proteicos. Os AA que não são sintetizados por um organismo em quantidade suficiente para satisfazer as suas necessidades recebem a designação de essenciais ou indispensáveis, uma vez que têm de ser fornecidos pela dieta alimentar. Os AA que são sintetizados pelo organismo em quantidade suficiente para satisfazer as suas necessidades são designados por não essenciais ou dispensáveis, não sendo exigida a sua presença na dieta alimentar. Considera-se hoje que existem 10 AA essenciais para os mamíferos e, conseqüentemente, para o homem: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina.

O carácter de essencialidade dos AA refere-se às necessidades de um dado organismo em determinadas condições. Deste modo, a necessidade em A. E. depende da espécie considerada e, para cada espécie, varia com um conjunto de factores, incluindo o sexo, a idade e a dieta alimentar. Assim, p. ex., a arginina e a histidina são considerados AA semiessenciais para o homem, uma vez que o organismo humano consegue sintetizar quantidade suficiente destes AA para satisfazer as necessidades de um adulto, mas não as de uma criança em crescimento. Por outro lado, a tirosina e a cisteína não são considerados A. E. nos mamíferos, desde que a sua dieta contenha quantidades suficientes de, respectivamente, fenilalanina e metionina, uma vez que estes organismos sintetizam tirosina a partir de fenilalanina e cisteína a partir de metionina. A distinção entre estes dois grupos de AA foi proposta com base em estudos de variação de peso em ratos e de balanço de azoto em humanos, quando lhes era fornecida uma dieta contendo apenas 19 dos 20 AA proteicos. Uma deficiência num A. E. na dieta de um organismo origina rapidamente um balanço de azoto negativo, i. é, uma situação em que o azoto total excretado excede o azoto total ingerido. Esta observação indica que as proteínas dos tecidos estão a ser degradadas para fornecer esse A. E. à síntese daquelas proteínas que são fundamentais para a sobrevivência do organismo. Os outros AA libertados pela hidrólise das proteínas são degradados pelas vias catabólicas normais, sendo responsáveis pelo aumento da excreção de azoto. O balanço de azoto negativo será idêntico quer se trate de uma deficiência num só ou em vários A. E.,

uma vez que praticamente todas as proteínas do organismo contêm todos os A. E. Independentemente do organismo ou do A. E. considerado, uma deficiência num destes AA. causa inevitavelmente uma redução na taxa de crescimento, um aumento na susceptibilidade a doenças e perturbações metabólicas, que, em casos extremos, conduzem à morte.

R. BOAVIDA FERREIRA

aminoglicósidos antibióticos — BIOQ. Antibióticos cujas moléculas têm estrutura de glicósidos e são possuidoras de grupos amina, tanto na porção aglicona como no açúcar. O primeiro a ser descoberto (em 1944) foi a estreptomina (ver fórmula), em resultado de uma vasta investigação do grupo de Waksman, nos EUA. O grande interesse deste antibiótico, produzido pelo *Streptomyces griseus*, foi o combate à tuberculose. Posteriormente, outros aminoglicósidos com estrutura idêntica à da estreptomina foram descobertos. Na figura representa-se a neomicina, mas vários outros foram ainda descobertos, como a canamicina, a framceticina, as paromomicinas, a gentamicina e a tobramicina.

