

Ricardo Vieira

**Fundamentos de
Bioquímica**

TEXTOS DIDÁTICOS

**Belém-Pará
2003**

Capítulo 2

Bioquímica dos Alimentos

A evolução das espécies sempre se apoiou em novas maneiras de se obter energia das mais variadas fontes para assim melhor aproveitar as matérias primas que a natureza oferece aos seres vivos. Seres mais sofisticados na forma de obter energia, têm-se mostrado superiores nesta escala evolutiva e seus descendentes impõem-se na pirâmide evolutiva.

Um grupo numeroso de seres vivos especializou-se em captar a energia luminosa e convertê-la em energia química para sintetizar algumas moléculas energéticas: são os **autótrofos**. As matérias-primas bases para essa síntese de alimentos eram compostos abundantes na atmosfera primitiva, como o gás carbônico (CO_2), amônia (NH_3), água (H_2O). Com a ajuda de energia proveniente das radiações luminosas do sol, por **fotossíntese**, começou-se a acumular um composto até então escasso na atmosfera: o **oxigênio** (O_2) que era expelido pelos organismos fotossintéticos como dejeito metabólico.

Acontece que os compostos alimentares são sintetizados em tamanha quantidade que esses seres se viram obrigados a armazenar parte de dele e excretar o excesso junto com oxigênio (sem dúvida, um “lixo de luxo” deste processo metabólico). Entretanto, o aparecimento de oxigênio livre na atmosfera demorou cerca de um bilhão de anos desde o aparecimento dos primeiros organismos fotossintéticos, as cianobactérias, como pode observar nos registros geológicos.

Somente após esse longo período outro grupo de seres vivos, especializou-se em obter a energia necessária para suas reações orgânicas alimentando-se dos nutrientes produzidos pelos organismos autótrofos e o O_2 da atmosfera: são os **heterótrofos**. As formas primitivas eram, entretanto, unicelulares, sendo necessário mais um bilhão de anos para a organização em seres multicelulares mais complexos (Figura 2-1).

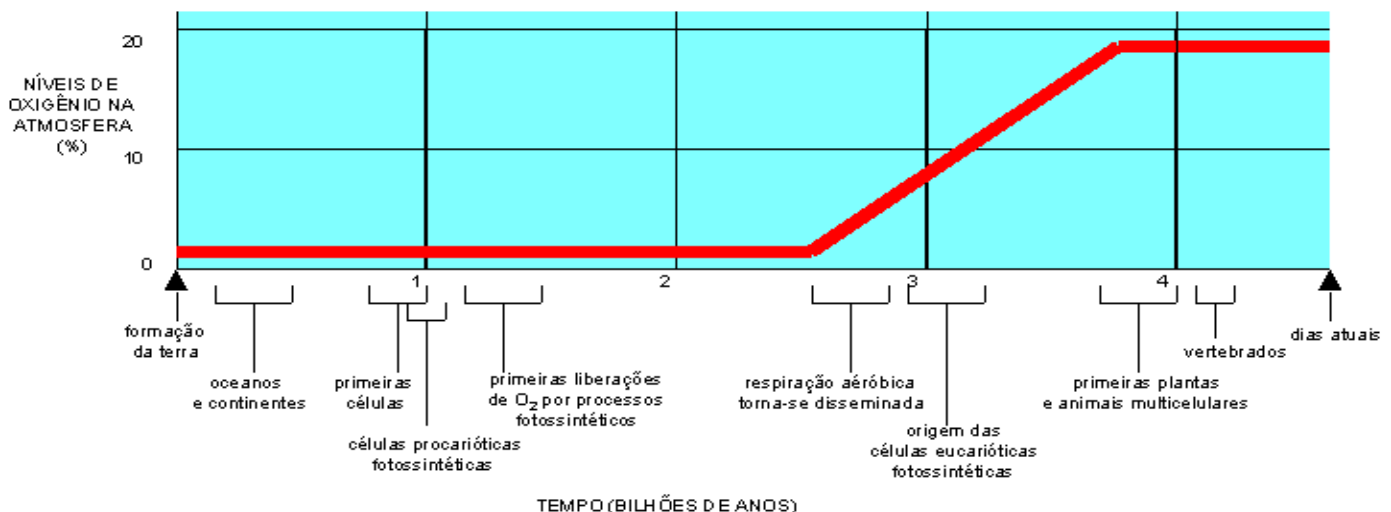


Figura 2-1 - A idade da terra é estimada em cerca de 4,5 bilhões de anos, sendo proposto que por volta do primeiro bilhão tenha surgido as primeiras células fotossintéticas autótrofas. No entanto, o O_2 atmosférico necessário para o surgimento dos autótrofos só torna-se disponível cerca de 2 bilhões de anos depois, devido à absorção do oxigênio produzido pelo ferro da superfície da terra, fato comprovado pela existência de enormes depósitos de óxido de ferro nos sedimentos mais antigos do planeta. Os seres multicelulares demoraram cerca de 3 bilhões para surgirem, o que mostra a dificuldade da organização celular parcialmente possibilitada pelo metabolismo aeróbio. (Adaptado de *Biologia Molecular da Célula* - Albert B. et al., p.16, 1997.)

Desta forma, começa-se a desenhar a complexa rede de relacionamento ecológico entre **produtores** e **consumidores**, havendo total harmonia entre eles, uma vez que os compostos nitrogenados produtos da degradação dos heterótrofos eliminados para o meio (amônia, uréia, nitritos, nitratos) juntamente com o CO_2 produto das oxidações biológicas, passam a ser a principal fonte de matéria-prima para a fotossíntese.

Uma série de organismos especializou-se em reciclar os dejetos metabólicos desses organismos (p.ex.: fezes e urina), assim como os seus corpos após a sua morte: os **decompositores**

Forma-se, então, um elo importante entre os seres vivos, construindo a complexa teia alimentar que faz com que a Terra funcione como um gigantesco ser vivo e prossiga, lentamente, seus passos evolutivos.

O relacionamento entre consumidores e produtores está ligado à disponibilização de carbono e oxigênio para os processos metabólicos, enquanto que os decompositores fornecem, principalmente, o nitrogênio reciclado dos tecidos mortos e dejetos, apesar de o ciclo dos nitrogênio, carbono e oxigênio ser comum para todos os seres vivos, de certa forma (Figura 2-2).

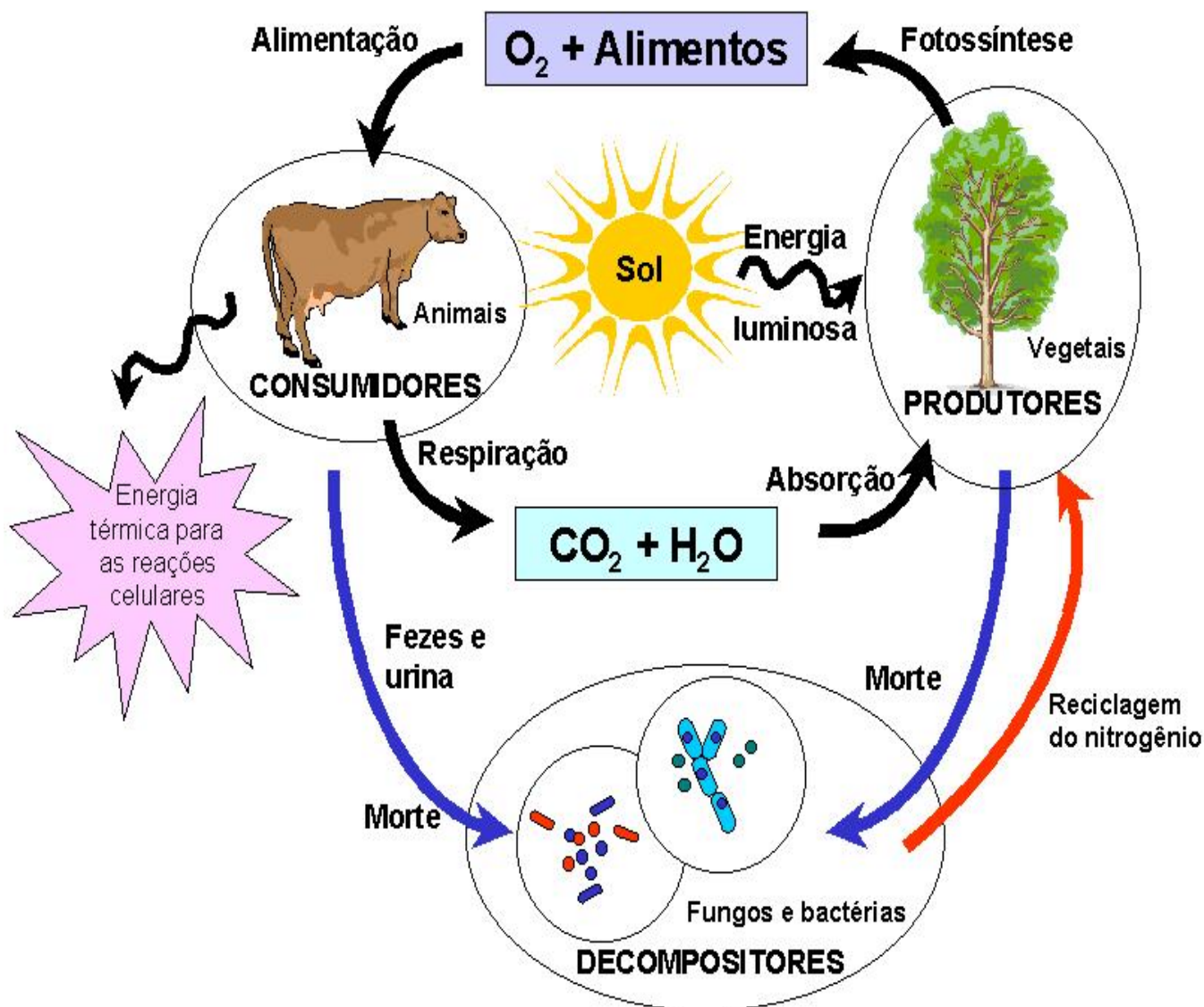


Figura 2-2: O ciclo do carbono entre produtores (vegetal), consumidores (animal) e decompositores (fungos e bactérias). Consumidores e produtores trocam entre si, principalmente, carbono e oxigênio enquanto que os decompositores reciclam o nitrogênio.

O ser humano, objeto de nosso estudo, posiciona-se no topo desta teia alimentar, chegando a mudar o ecossistema em prol de sua sobrevivência, na procura da matéria-prima para suas reações metabólicas. A despeito da discussão ecológica, o conhecimento da estrutura e funcionamento do corpo humano é necessário para poder adaptar-se melhor às adversidades impostas pela evolução e, como tem feito, impor sua soberania entre as espécies, sob o preço, infelizmente, da devastação do ambiente e a extinção de várias espécies.

Desta forma, o ato de obter substratos para as reações orgânicas básicas que ocorrem no interior das células do organismo, em suma, constitui o ato da alimentação. Basicamente, os nutrientes de origem alimentar são fornecidos pelos **carboidratos** (açúcares), **lipídios** (gorduras) e **proteínas** e possuem função primordial a produção de energia celular. Entretanto, essa concepção, puramente energética, pode cometer alguns equívocos uma vez que muitas outras moléculas são requeridas para o funcionamento celular ou mesmo para proporcionar a absorção adequada dos nutrientes e não estão envolvidas diretamente no processo de produção de energia.

Assim sendo **água, eletrólitos e vitaminas**, que não possuem uma função energética direta, são alimentos indispensáveis para o ser humano; precisam estar presentes na dieta para suprir as necessidades diárias do organismo nas reações orgânicas uma vez que não são sintetizados pelo organismo (a água produzida nas reações orgânicas supre apenas cerca de 5% das necessidades diárias do ser humano).

De maneira semelhante, as **fibras vegetais**, que não possuem digestão intestinal não sendo absorvidas, são indispensáveis na alimentação por manter a forma do bolo fecal, facilitando a absorção dos demais alimentos. Somente algumas bactérias e protozoários, presentes no sistema digestivo de ruminantes e cupins, conseguem digerir as fibras vegetais (feitas, principalmente, de celulose) sendo, nestes animais, a principal fonte energética.

O conceito clássico de alimento varia de acordo com o ponto de vista, como, por exemplo: “*A matéria prima para a fabricação dos materiais de renovação do organismo*”

(Vioult & Juliet); “*Substâncias, em geral naturais e complexas, que associadas às de outros alimentos em proporções convenientes, são capazes de assegurar o ciclo regular da vida de um indivíduo e persistência da espécie a qual ele pertence*” (Randon & Simonnet); “*As matérias, qualquer que seja a natureza, que servem habitualmente ou podem servir à nutrição*” (Littre); “*Substâncias necessárias à manutenção dos fenômenos do organismo sadio e à reparação de partes que se faz constantemente*” (Claude Bernard); “*Substância que, incorporada ou não ao organismo, nele exerce função de nutrição*” (Escudero).

Entretanto, o termo alimento possui significado bastante complexo que ultrapassa os limites da bioquímica devendo ser estudado com um caráter multidisciplinar, uma vez que envolve a química, biologia, agronomia, veterinária, nutrição, além das ciências da saúde. Desta forma, a abordagem a ser realizada neste capítulo, diz respeito ao estudo da composição química dos alimentos e da forma como é apresentado para o metabolismo humano. Dentro deste ponto de vista, a digestão dos alimentos será abordada neste capítulo por se tratar de uma fase fisiológica adaptada às propriedades dos alimentos. Nos capítulos correspondentes aos estudos de cada biomolécula, serão abordadas peculiaridades de cada processo digestivo de interesse para o metabolismo da biomolécula em questão.

Classificação dos alimentos

Do ponto de vista biológico, os alimentos se agrupam em três classes:

a) **Energéticos:** são os que fornecem substratos para a manutenção da temperatura corpórea, liberando energia térmica necessária para as reações bioquímicas. São os carboidratos, lipídios e proteínas. Os carboidratos são os alimentos energéticos por excelência, pois são diretamente produzidos na fotossíntese dos autótrofos e degradados em todos os organismos vivos, sem exceção, a partir de enzimas específicas. Os lipídios e as proteínas, apesar de possuírem poder energético superior ou igual aos carboidratos (Tabela 2-1), têm funções outras no organismo, possuindo digestão e absorção len-

tas, sendo utilizados secundariamente como produtores de energia.

Tabela 2-1: Calor de combustão e energia disponíveis nas fontes de alimentos mais importantes.

	Calor de Combustão <i>in vitro</i> (bomba calorimétrica) em kcal/g	Oxidação humana (<i>in vivo</i>) em kcal/g
Proteínas	5,4	4,1 ^(*)
Lipídios	9,3	9,3
Carboidratos	4,1	4,1
Etanol	7,1	7,1

(*) Oxidação das proteínas corrigidas pela perda dos aminoácidos excretados na urina.

Fonte: Harper, 1994, p. 608.

A capacidade energética dos alimentos dá-se devido ao alto calor de combustão das ligações C-C (cerca de 54 kcal). No capítulo 3 sobre Bioenergética, serão abordados temas relativos ao poder calórico das biomoléculas.

b) Plásticos ou estruturais: atuam no crescimento, desenvolvimento e reparação de tecidos lesados, mantendo a forma ou protegendo o corpo. Novamente, proteínas, lipídios e carboidratos são os principais representantes, estando presentes na membrana celular e região intersticial. Em vegetais, o carboidrato **celulose** (um polímero de glicose) representa o principal composto da parede celular que garante a forma da célula vegetal, mesmo em períodos de excesso ou escassez de água. O depósito cumulativo de celulose em algumas árvores apresenta resistência comparada aos metais resistentes como o ferro. A **quitina** é um polímero muitíssimo parecido com a celulose (a exceção de um grupamento -OH substituído por um NH₂ no C2) e que confere extrema resistência ao exoesqueleto dos artrópodes. A água e os sais minerais representam os componentes da alimentação que não são exclusivos de organismos vivos, mais possuem funções estruturais importantíssimas.

c) Reguladores: aceleram os processos orgânicos, sendo indispensáveis ao ser humano. São as vitaminas, água, sais minerais e fibras vegetais. Favorecem a dinâmica celular como catalisadores (vitaminas) ou propor-

cionando a concentração exata dos substratos (água), bem como agentes estabilizadores de várias enzimas ou mesmo regulando a quantidade de água intracelular ou a excitabilidade da membrana (minerais). Apesar de não serem digeridas ou absorvidas, as fibras vegetais desempenham função importante no processo digestivo, como será visto ainda neste capítulo.

Necessidade de alimentos

O organismo requer nutrientes suficientes para proporcionar energia livre correspondente às necessidades diárias. A manutenção do peso corporal constante é o melhor indicador de que existe energia suficiente na dieta e cada grupo alimentar fornece energia própria à sua composição química, com as necessidades individuais de energia dependendo de vários fatores próprios do alimento e outros fatores inerentes de quem se alimenta.

A ingestão dos nutrientes deve ser feita de forma balanceada de modo a permitir a absorção sem carências ou excessos, pois caso isso não seja observado, sobrevêm a desnutrição e a obesidade, respectivamente, que são distúrbios patológicos oriundos da alimentação inadequada seja qualitativa ou quantitativamente.

A **desnutrição** constitui-se um grave distúrbio alimentício inerente a ingestão de quantidades insuficientes para manter o metabolismo basal. As substâncias de reserva são rapidamente esgotadas e os subprodutos metabólicos acarretam vários distúrbios que podem deixar seqüelas graves, apesar de, na maioria dos casos, o restabelecimento da dieta normal, promove a volta às condições de normalidade metabólica do indivíduo.

São comuns doenças nutricionais em crianças (principalmente por um fator social, típico de países do terceiro mundo) e em adultos em processo de emagrecimento espontâneo realizado por meio de dietas que levam em consideração simplesmente a privação da alimentação calórica.

Na ocorrência de desnutrição calórica associada a carência de proteínas, estabelecem-se as síndromes de má-nutrição conhecidas como **kwashiakor** e **marasmo**.

O **kwashiakor** é caracterizado por edema (devido a baixa quantidade de proteínas no sangue o que leva à retenção de água nos tecidos), lesões na pele, despigmentação do cabelo, anorexia, hepatomegalia. É consequência ingestão inadequada de proteínas, mesmo com quantidade suficiente de calorias. O **marasmo** caracteriza-se pela ausência de edema, para no crescimento e perda muscular extrema e é resultante de uma deficiência calórica prolongada com uma alimentação protéica adequada. Frequentemente, uma síndrome desnutricional resultante da combinação dessas duas doenças leva o indivíduo à morte.

A **obesidade**, por outro lado, corresponde a uma doença dos maus hábitos alimentares, onde o excesso de lipídios e carboidratos (que se convertem em lipídios no fígado, como veremos em capítulos posteriores) leva a um acúmulo de lipídios nos adipócitos acima dos níveis normais de massa corpórea para o indivíduo. Este acúmulo promove a duplicação do número de adipócitos favorecendo o aumento da massa corpórea além nos limites normais para o indivíduo. Isso se dá devido ao tipo de tecido adiposo existente nas primeiras fases da vida, o tecido adiposo **multilocular** ou vermelho, que desaparece rapidamente podendo permanecer, entretanto, até a adolescência.

Já no início da maturação sexual, entretanto, há somente o tecido adiposo do tipo **unilocular** ou amarelo, que não mais se duplica, mas aumenta de tamanho até 100 vezes levando a um aumento no volume do tecido adiposo sem, no entanto, o aumento no número de células.

Um fato interessante é observado quando um pré-adolescente obeso é submetido a dieta hipocalórica e perde uma quantidade significativa de massa corporal em um curto período. Nestes casos, é observado o esvaziamento progressivo das reservas de lipídios dos adipócitos, sendo este estímulo desencadeante do processo de divisão celular o que faz com que haja um número maior de adipócitos após o término da dieta, apesar de conterem menos lipídios do que anteriormente. Entretanto, esse número duplicado de adipócitos permite uma maior absorção de lipídios quando o indivíduo retorna às condições alimentícias normais anterior à dieta, fazendo com que aumente a

massa corporal mais rapidamente do que o tempo que levou para perdê-la, e em quantidade, frequentemente, superior àquela observada antes da dieta.

Em adultos, o aumento da massa gordurosa se dá pelo aumento do volume dos adipócitos, o que torna o esvaziamento brusco, no caso das dietas exageradas, um fator de flacidez para o tecido adiposo que fica propício a ser reposto em seu volume quando termina a dieta.

Desta forma, para o controle da obesidade (exceto para as formas geneticamente determinadas) o controle da massa corporal só é possível por um programa de reeducação alimentar aliado a incorporação de hábitos de atividades físicas para “queimar” o excesso de alimentos calóricos ingeridos diariamente.

Na figura 3-1 está apresentada a fórmula de cálculo do índice de massa corporal (IMC) e as faixas de limite inferior e superior do peso ideal para um indivíduo, levando em consideração sua altura e peso.

$$\text{IMC} = \frac{\text{peso (kg)}}{[\text{altura (m)}]^2}$$

$\leq 18,5$ = subpeso $18,5 - 24,9$ = normal
 $25 - 29,9$ = sobrepeso $>30,0 - 39,9$ = obeso
 ≥ 40 = obeso grave (obesidade mórbida)

Limite inferior de peso: $20 \times [\text{altura (m)}]^2$
Limite superior de peso: $25 \times [\text{altura (m)}]^2$

Figura 2-3 - Fórmula de cálculo de índice de massa corpórea (IMC) e limites de peso a partir do peso e altura de um indivíduo.

(Fonte: *software* Biobrás para consultas médicas - <http://www.biobras.com.br>)

Alguns tipos de **câncer** estão intimamente relacionados com o tipo de dieta, como o câncer de esôfago, estômago, intestino grosso, mama, pulmão e próstata. Aparecem, geralmente, entre os 70 e 80 anos sendo que 15% têm sobrevida de 5 anos.

Outros fatores ambientais e genéticos influenciam na gênese desses tipos de câncer, porém é observado que em países onde a incidência de um tipo de câncer é baixa observa-se que os imigrantes para países onde a incidência do câncer é alta, passam a ter um aumento na incidência da doença, o que sugere a rela-

ção do surgimento da doença com fatores culturais do país, como é o caso dos tipos de alimentação.

A **cárie dentária** é um exemplo típico de doença causada pelo acúmulo de alimentos na cavidade bucal, nos espaços interdentários, que possibilita às bactérias e fungos da flora oral e àquelas presente na alimentação, proliferarem e produzir produtos abrasivos (p.ex.: ácido láctico, etanol, aminas) que destroem progressivamente a dentina dando origem à cárie. As proteínas são utilizadas pelas bactérias para produzir uma matriz viscosa que se fixa aos dentes (placa bacteriana) que permite a proliferação de microorganismos para a produção dos produtos abrasivos.

Muitas outras doenças estão relacionadas a distúrbios alimentares, dentre elas destacam-se:

- **Úlceras:** relacionada com fatores alimentares, genéticos e psicológicos.
- **Obstrução pilórica:** por contração de uma úlcera, processo tumoral ou anomalia congênita e é caracterizada por vômitos, distensão abdominal e acidose metabólica por perda de ácido clorídrico;
- **Síndrome de Zollinger-Ellison:** úlcera péptica causada por um tumor pancreático;
- **Anorexia:** distúrbio nervoso que induz a fobia de ganhar peso.
- **Bulimia:** relacionada com compulsão para comer forçando o paciente a estimular o vômito para poder comer mais.
- **Anemia perniciosa:** acloridria e atrofia gástrica promovem a incapacidade de secretar o fator intrínseco de absorção da vitamina B12, fato comum em indivíduos anoréxicos.
- **Síndromes de má-absorção:** devido a lesões na mucosa gastrointestinal que pode ser causada por microorganismos presentes nos alimentos;
- **Esteatorréia:** falha na digestão ou absorção dos lipídios;
- **Diarreia:** produção excessiva de matéria fecal por excesso de água nas fezes.

Balanceamento de alimentos

Para manter o equilíbrio do peso corpóreo, uma dieta balanceada deve conter alimentos de origem animal e vegetal composta dos vários tipos de biomoléculas, disposto de forma balanceada para suprir as necessidades energéticas do indivíduo.

Os carboidratos e lipídios são primariamente calóricos, devendo ser distribuído com parcimônia na alimentação. As proteínas possuem **alto valor biológico** quando possuem grande variedade de aminoácidos. As vitaminas e minerais são requisitadas em pequenas quantidades diárias. A água tem um volume diário de acordo com a perda por evaporação, urina e fezes. Os alimentos disponíveis para o ser humano são agrupados, de forma didática, em cinco grupos:

- **Grupo I - Leite e derivados:** ricos em proteínas de alto valor biológico, grande quantidade de cálcio, vitaminas A, D, E e do complexo B.
- **Grupo II - Carnes, ovos, peixes e mariscos** - ricos em proteínas de alto valor biológico, ferro, vitamina A e do complexo B.
- **Grupo III- Gorduras e óleos.**
- **Grupo IV - Cereais e derivados, legumes secos e produtos açucarados :** ricos em carboidratos de carbono, proteínas de origem vegetal (baixo valor biológico), ferro, vitamina B1 e fibras.
- **Grupo V - Hortalças e frutos:** ricos em vitaminas, minerais e fibras, com quantidades variáveis de carboidratos.

Para distribuir os vários grupos de alimentos dentre as refeições diárias, pode-se estabelecer porções correspondentes a uma xícara de chá (cerca de 200 ml).

- **Grupo I:** 2 a 3 porções
- **Grupo II:** 1 a 2 porções
- **Grupo III:** 2 a 3 porções
- **Grupo IV:** 5 a 7 porções
- **Grupo V:** 5 a 7 porções

A orientação nutricional, entretanto, depende de avaliação clínica de doenças que podem ter complicações com a alimentação de certos grupos de alimentos (p.ex.: hipercolesterolemia, diabetes mellitus).

Necessidades calóricas

A energia gasta por um indivíduo depende, principalmente dos seguintes fatores:

a) Taxa basal metabólica: é a quantidade de energia necessária para a manutenção das funções fisiológicas básicas sob condições padronizadas. Para se estabelecer os valores basais, o indivíduo deve estar em repouso, acordado, num ambiente de temperatura adequada e as medidas devem ser feitas pelo menos 12 horas após a última refeição. Esta taxa é proporcional ao peso corpóreo e à área corporal (quanto maior a área corporal, maior a perda de calor); nos homens e nos jovens é maior que nas mulheres e idosos em virtude de suas atividades metabólicas serem diferentes (há uma diminuição média de 2% na taxa basal metabólica por cada 10 anos de vida, com o tecido muscular substituído por gordura e água). Outras atividades metabólicas indicam gasto de energia aumentado, como o caso de atividade mental e doenças (principalmente com febre).

b) Efeito termogênico: os alimentos possuem uma taxa de, aproximadamente, 5 a 10% de energia total fornecida que é gasta para ser digerida, o que vai variar de alimento para alimento, dependendo de sua digestibilidade. Desta forma, uma determinada quantidade de um alimento pode ter um rendimento energético final menor do que a mesma quantidade de um outro alimento que possua uma digestibilidade melhor. Outro fator que influencia neste poder termogênico é o metabolismo da biomolécula, o que faz com que uma alimentação supercalórica seja convertida em massa gordurosa que se deposita nos adipócitos e não é, verdadeiramente, convertida em energia, a menos que o indivíduo realize exercícios físicos além de sua quantidade normal.

c) Atividade física: é a maior variável, quanto maior a atividade física, maior será a energia gasta pelo indivíduo.

d) Temperatura ambiente: quanto a temperatura está abaixo da temperatura corporal,

aumenta-se o gasto energético para que o organismo mantenha-se em temperatura estável (35 - 37°C) o mesmo acontecendo quando a temperatura ambiente está acima da temperatura corporal, sendo que o ser humano resiste bem mais a variações de temperatura para menos do que para mais, uma vez que o calor passa a ser quase insuportável a partir de 35°C em virtude de as trocas calóricas com o meio ambiente se tornarem mais difíceis. Entretanto, há registro de seres humanos que resistem a invernos com temperaturas de até -50°C, o que é compreensível pela existência de moléculas energéticas disponíveis para mantê-lo aquecido, além de aparatos de proteção, é claro.

As atividades metabólicas diárias variam de acordo com a atividade física exercida pelo indivíduo e seu IMC, tendo, portanto, cada indivíduo uma necessidade calórica diferente. Na Tabela 2-2 podem ser observados valores gerais propostos pela Sociedade Europeia de Cardiologia de acordo com o tipo de atividade física diária.

Tabela 2-2: Necessidades calóricas diárias, de acordo com o tipo de atividade física.

ATIVIDADE FÍSICA	NECESSIDADES CALÓRICAS DIÁRIAS
Sedentária/Repouso	30 kcal /Kg de peso desejável (*)
Ligeira/moderada	35 kcal /Kg de peso desejável
Intensa	45-55 kcal /Kg de peso desejável

(*) Peso desejável de acordo com o índice de massa corpórea (IMC).

Fonte: Sociedade Europeia de Cardiologia.

As necessidades de atletas ou de pessoas que praticam atividade física intensa variam grandemente de acordo com o tipo de atividade física (Tabela 2-3). Caso não se observe o nível de energia gasta, o indivíduo corre o risco de perder peso ou ter hipotrofia muscular. Tais atividades físicas, contudo, são amplamente utilizadas em programa de perda de peso associados à dieta correspondente ao peso ideal do indivíduo. Deve-se ter o cuidado de observar o progresso da perda de peso e dosar os exercícios e dieta quando atingido o peso ideal.

Tabela 2-3: Consumo aproximado de energia (em kilocalorias) em cerca de uma hora de atividade esportiva.

Atividade Esportiva	Energia Gasta (kcal/hora)
Bicicleta ergométrica	250
Passeio de bicicleta	290
Caminhada	300
Tênis de mesa	300
Ginástica aeróbica	350
Ciclismo	490
Tênis	500
Voleibol	500
Halterofilismo	500
Handebol	520
Balé	550
Basquetebol	600
Remo	600
Futebol	650
Natação	650
Judô	800
Boxe	800
Corrida de 12 km	900

Fonte: Sociedade Europeia de Cardiologia.

Na Tabela 2-4, pode-se observar que as necessidades energéticas variam dentre os sexos. Assim como as mulheres grávidas, as crianças lactentes possuem uma necessidade calórica maiores que os adultos levando-se em consideração as relações de IMC, bem como as necessidades diárias de proteínas variam de cerca de 0,8g/kg de peso corporal/dia em adultos e 2,0g em crianças.

Tabela 2-4: Necessidades calóricas diárias recomendadas para homens e mulheres.

Categoria	Idade (anos)	Peso (Kg)	Energia necessária (kcal)
Homens	23 - 50	70	2.300 - 3.100
Mulheres	23 - 50	55	1.600 - 2.400
Grávidas	-	-	+ 300
Lactentes	-	-	+ 500

Fonte: Harper, 1994, p.608

Observe que a quantidade de energia de um homem adulto de peso e alturas médias, pode atingir cerca de 3.100 kcal, o que corresponde a um aporte energético enorme. Para efeito de comparação, a queima de um grama de gasolina produz 11,5 kcal, o que significa que teríamos que gastar cerca de 269g (cerca de 300 ml) de gasolina diariamente para gerar este calor, o que mostra a "economia" de nossa alimentação diária e quão caro é manter um automóvel para substituir nossas atividades

físicas de deslocamento. Para maiores considerações acerca do poder energético dos alimentos, veja o capítulo 9 sobre Bionergética.

Necessidades de fibras

Um dado importante na alimentação é a presença de *fibras vegetais* mesmo que, classicamente, não sejam consideradas alimento, já que não são absorvidas no trato gastrointestinal não possuindo, portanto, função na bioquímica intracelular. Entende-se por fibras todos os constituintes das paredes celulares dos vegetais que não podem ser digeridos pelas enzimas animais (p.ex.: celulose, hemicelulose, lignina, gomas, pectinas e pentosanos). Nos herbívoros, tais como os ruminantes, as fibras (significativamente a celulose) são as principais fontes de energia, após serem digeridas por microrganismos (bactérias e protozoários) existentes no trato digestivo desses animais.

No homem, dietas com alto conteúdo de fibras exercem efeitos benéficos por auxiliar na retenção de água durante a passagem do alimento através do intestino e ainda produzindo maiores quantidades de fezes macias, facilitando o trânsito intestinal e o processo digestivo como um todo. Uma alta quantidade de fibras na dieta está associada com incidências reduzidas de *diverticuloses, câncer de cólon, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus*.

As fibras mais insolúveis, tais como a *celulose* e a *lignina*, encontradas no grão de trigo, são benéficas com respeito à função do cólon, enquanto as fibras mais solúveis encontradas nos legumes e frutas (p.ex.: *gomas* e *pectinas*) diminuem o colesterol plasmático, possivelmente pela ligação com o colesterol e sais biliares da dieta. As fibras solúveis também esvaziam o estômago lentamente e deste modo atenuam o aumento da glicose e, consequentemente, a secreção de insulina, sendo este esse efeito benéfico aos diabéticos e às pessoas que estão de regime alimentar porque diminui o efeito da queda brusca no nível de glicose sanguínea, que estimula o apetite. As principais fontes de fibras são os cereais (principalmente o trigo, a aveia e o arroz integral), amêndoa, coco, castanha-do-pará, feijão, espi-

nafre, amora, uva, banana, bagaço de laranja etc.

Um excesso de fibras, entretanto, deve ser evitado pois se ligam com micronutrientes (Zn^{++} e vitaminas lipossolúveis, por exemplo) evitando sua absorção. Desta forma, a ingestão diária está restrita a cerca de 25 – 30g, modificando-se para mais, de acordo com a sua utilização como terapia, devendo-se, sempre, ser observado a reposição vitamínica necessária para evitar doenças carenciais.

Alimentos industrializados

Uma característica da alimentação humana é que há imensa manipulação antes do consumo, com o uso de agrotóxicos, conservantes químicos, extração de gorduras, adição de nutrientes etc.

O processo de industrialização visa, basicamente, conservar as propriedades nutricionais e organolépticas dos alimentos por um período bastante prolongado, o que, frequentemente, promove a perda de vários nutrientes. As vitaminas, por exemplo, são quase que totalmente destruídas pelo calor, outras são fotolábeis e muitas não resistem ao congelamento, o que faz com que seja necessário adicioná-las após durante a industrialização dos alimentos.

Os **aditivos alimentares** são, portanto, substâncias naturais ou sintéticas, adicionadas aos alimentos com o fim de os conservar, processar, intensificar o sabor ou melhorar o aspecto, largamente utilizado pela indústria alimentar e uma constante na dieta humana. Os principais são os conservantes, antioxidantes, corantes, intensificadores de sabor, edulcorantes, reguladores de acidez, emulsionantes, estabilizadores e espessantes. Na Tabela 2-5 encontram-se relacionados as classes de aditivos e seus respectivos conceitos e na Tabela 2-6 os principais aditivos alimentares.

Durante o processo tecnológico, são utilizados compostos químicos que devem ser totalmente eliminados do produto final, ou permanecer como *traços*. São denominados de **coadjuvantes de tecnologia de fabricação** e correspondem a clarificantes, coagulantes, antimicrobianos, floculantes, inibidores enzimáticos, catalisadores, detergentes, resinas etc.

Tabela 2-5: Relação dos aditivos alimentares e seus respectivos conceitos.

Função	Aditivo	Conceito
Tecnologia de fabricação	Agentes de firmeza	mantêm firmes ou crocantes frutas e hortaliças ou fortalecem géis.
	Agentes de corpo	aumentam do volume sem modificar o valor energético.
	Antiespumantes	evitam a formação de espuma.
	Antiumectantes	diminuem as propriedades de absorção de água.
	Emulsificantes	permitem a mistura de fases insolúveis entre si.
	Espessantes	aumentam a viscosidade.
	Espumantes	favorecem a formação ou manutenção de fase gasosa.
	Estabilizantes	mantêm estáveis emulsões.
	Gelificantes	conferem a textura de gel.
	Sequestrantes	formam complexos químicos com íons metálicos, inativando-os.
	Fermentos químicos	aumentam o volume com a liberam gás.
	Glaceantes	dão aparência brilhante.
Conservante	Melhoradores de farinha	melhoram o processo técnico de produção de farinhas.
	Antioxidantes	retardam a oxidação dos alimentos.
	Conservadores	retardam a ação de microorganismos
	Umectantes	protegem contra a desidratação.
Modificação das características sensoriais	Reguladores de acidez	controlam a variação de pH.
	Acidulantes	aumentam a acidez e/ou conferem sabor ácido.
	Edulcorantes	conferem sabor adocicado.
	Estabilizantes de cor	mantêm a coloração.
	Corantes	conferem, intensificam ou restauram a coloração natural.
	Aromatizantes	conferem ou reforçam aromas e/ou sabor.
	Realçadores de aroma	ressaltam o sabor e/ou aroma.

Fonte: Resoluções do MERCOSUL.

Em todos os países, existe uma legislação extremamente exigente que limita a quantidade de aditivos no alimento industrializado

devido à existência de efeitos tóxicos severos devido ao consumo exagerado.

Os **edulcorantes sacarina** (400x mais doce que a sacarose) e o **ciclamato** (30x mais doce que a sacarose) chegaram a ser proibidos em 1970 nos EUA devido a estudos que indicavam propriedades carcinogênicas, sendo readmitidos na década seguinte em níveis seguros de ingestão diária aceitável (IDA). O **aspartame** (180x mais doce que a sacarose), apesar de não apresentar efeitos tóxicos ou mutagênicos, seus metabólitos (ácido aspártico, fenilalanina e metanol) podem apresentar efeitos colaterais quando consumido em excesso. A fenilalanina produzida contra-indica o uso desse adoçante em pacientes com o erro inato do metabolismo conhecido como fenilcetonúria, uma vez que não podem metabolizar esse aminoácido tendo complicações neurológicas severas. Em indivíduos normais, entretanto, a observação da IDA DE 40mg/kg não possui quaisquer efeitos colaterais.

Os **antioxidantes**, em particular, possuem uma função intracelular importante devido a muitos compostos que possuem poder oxidante podem promover alterações irreversíveis em biomoléculas (p.ex.: ácidos graxos, DNA, enzimas) de função essencial à vida o que possibilita o aparecimento de doenças como o câncer, aterosclerose etc. Para tal, as células têm a capacidade de produzir compostos antioxidantes que neutralizam a ação danosa desses produtos tóxicos

Freqüentemente, entretanto, há a necessidade obtê-los de fontes alimentícias para garantir um estado de saturação plasmática que impeça ou retarde o desenvolvimento de certas doenças (não confundir este alimentos, com os antioxidantes utilizados como conservantes de alimentos).

As principais biomoléculas presentes nos alimentos com esta propriedade são:

- **Vitamina C:** frutas e legumes (citrinos, morangos, pimentos etc.).
- **Beta-caroteno (precursor da Vitamina A):** frutas e vegetais de cores fortes (cenouras, abóbora, alperces, legumes de folha verde etc.).
- **Vitamina E:** óleos vegetais, oleaginosas, gérmen de trigo, sementes.
- **Selênio:** peixe e mariscos.

- **Bioflavonóides:** frutas, vinho tinto, chá, café.

Alguns antioxidantes sintéticos como o **BHA** (OH-anisol-butilado), o **BHT** (OH-tolueno butilado), o **TBHQ** (OH-quinona butilada) e os derivados do **ácido gálico** apresentam efeitos tóxicos e mutagênicos quando em doses altas em estudos em *in vivo*, sendo recomendado baixos valores para a IDA.

Conservantes como o **ácido benzóico** e **sulfitos** possuem largo uso na industrialização de alimentos e somente em altas concentrações podem induzir a reações alérgicas ou destruição celular da mucosa intestinal. Da mesma forma, os **aromatizantes** naturais são preferíveis aos sintéticos.

O benefício trazido para a sociedade com o advento da industrialização dos alimentos é inegável, porém o cuidado com o uso indiscriminado de produtos tóxicos, mesmo em baixas quantidades, pode trazer problemas em longo prazo por efeito cumulativo, o que favorece a idéia de manter-se na dieta diária uma grande quantidade de produtos frescos ou de confecção caseira.

Tabela 2-6: Principais funções de aditivos em alimentos

Função	Aditivos	Alimentos
Conservação	ácido propiônico, benzoatos, BHA, BHT, nitrito de sódio, ácido cítrico.	pão, queijos, margarinas, óleos, geleias, pickles, carnes processadas.
Tecnologia de fabricação	alginatos, lecitina, pectina, metilcelulose, goma guar, citrato de sódio, polissorbato, polifosfatos.	misturas para bolo, balas, molhos para saladas, maionese, leite de coco, sorvetes, queijos processados.
Modificação das características sensoriais	aspartame, sacarina, baunilha, β -caroteno, glutamato de sódio, eritrosina.	sorvetes, iogurtes, balas, pós para gelatinas, refrigerantes, sopas.

Fonte: Toledo, MCF., 1999 In: Fundamentos de Toxicologia, pág.409.

Digestão e absorção

A forma de introduzir o alimento no organismo é por via oral, sendo admitido, em determinadas situações patológicas, a *alimentação parenteral*, por via endovenosa. Este padrão é reservado aos animais de organização celular complexa onde a existência de um tubo digestivo com entrada (boca) e saída (ânus) é bastante freqüente tanto em invertebrados quanto nos vertebrados. Bactérias, fungos e protozoários obtêm os alimentos do meio por difusão direta através de processo seletivo exercido pela membrana celular que possui papel decisivo também na excreção dos produtos inservíveis à célula (p.ex.: CO_2 , NH_3 etc.).

Não obstante, os seres unicelulares também possuem certa semelhança a este modelo, uma vez que vários protozoários possuem uma entrada diferenciada. Os processos de fagocitose e pinocitose e os vacúolos digestivos são formas primitivas desses organismos unicelulares realizarem a degradação de alimentos em moléculas mais simples adequadas ao metabolismo intracelular. O fato de os organismos unicelulares liberarem seus catabólitos diretamente para o meio extracelular leva a uma saturação do meio ambiente em que crescem modificando as propriedades químicas do meio podendo torná-lo insuportável para a manutenção da vida. É o que acontece em um meio de cultura de bactérias *in vivo* onde a produção de ácidos (principalmente o láctico) leva à morte das bactérias, caso não haja a renovação do meio de cultura.

Os organismos multicelulares não podem “livrar-se” de seus catabólitos da mesma maneira, uma vez que a morte das células vizinhas compromete a vida o organismo como um todo. Desta forma, surge a organização de um complexo sistema de digestão, transporte de nutrientes e excreção realizados em tubos celulares (veias, artérias, vasos linfáticos, vias respiratórias, tubo digestivo) e órgãos anexos especializados (estômago, fígado, rins, coração, pulmões) trabalhando integrados de maneira a preservar o equilíbrio da composição do meio extracelular dos tecidos (líquido intersticial) e, por conseguinte, do meio intracelular, evitando a morte celular. Em certas condições patológicas onde se perde este eficaz

meio de comunicação celular, há problemas graves para a manutenção da vida, podendo levar à lesões irreversíveis ou até a morte (p.ex.: a produção de corpos cetônicos em excesso pelas células de pacientes diabéticos; a excreção de hidrogênios em demasia durante a fadiga muscular).

O alimento contém os mais variados tipos de compostos macromoleculares que precisam ser processados até um tamanho adequado para a sua absorção e aproveitamento pelo organismo. A maioria dos alimentos sofre um processo enzimático no trato digestivo, sendo que a sede de maior ação digestiva e absorção ocorre no intestino delgado. Aliado a essa ação enzimática, a ação mecânica exercida pelos músculos lisos do estômago e intestino, promove a homogeneização do bolo alimentar, facilitando a ação enzimática. Em capítulos posteriores, serão abordados os aspectos mais específicos deste processo, cabendo, agora, apenas uma abordagem introdutória do assunto.

Na boca ocorre o início do processo digestivo com a amilase salivar (*ptialina* ou $\alpha(1\rightarrow4)$ glicosidase) degradando o amido e o glicogênio, quando presente (uma vez que desaparece rapidamente dos alimentos após o abate dos animais). Este processo é incompleto devido o pouco tempo que o alimento passa na boca e a amilase ser incapaz de quebrar as ligações $\alpha(1\rightarrow6)$ existentes entre as moléculas de glicose. No estômago, a ação do HCl inativa a amilase salivar, havendo o término da digestão no intestino delgado, sob a ação das enzimas do suco pancreático, pela ação da amilase pancreática. Os demais carboidratos serão degradados por enzimas específicas (as *dissacaridasas* e *oligosacaridasas*) presentes no suco entérico liberado pelas células de Brunner e Lieberkühn, no intestino delgado. Na verdade, devemos considerar a digestão na boca apenas como uma possibilidade e não como um fato pois seriam necessários cerca de seis minutos para digerir um grama de amido na boca, o que tornaria a alimentação um processo extremamente lento.

As proteínas começam a ser digeridas no estômago através de um processo químico-corrosivo no estômago pela ação do HCl gástrico e também enzimático pela *pepsina* gástri-

ca e da *renina* (importantes em lactentes por promover a coagulação das proteínas do leite na presença de Ca^{++}). No Intestino delgado, as enzimas proteolíticas do suco pancreático continuam a digestão através de **endopeptidases** (quebram as ligações peptídicas do meio da molécula em ligações específicas: *tripsina*, *quimotripsina* e *elastase*) e **exopeptidases** (quebram as extremidades das moléculas: *carboxipeptidases*). No suco entérico, há o término da digestão das proteínas com a ação de uma exopeptidase que quebra a partir da extremidade aminoterminal, a *aminopeptidase*.

Os lipídios são digeridos enzimaticamente no intestino pela lipase pancreática, após um processo de emulsificação pela bile. Uma lipase lingual é secretada pelas células da base da língua porém não faz parte da saliva, sendo deglutida para o estômago onde é inativada, não possuindo, portanto, função digestiva importante. Desta forma, a lipase gástrica descrita por alguns autores também não possui ação digestiva significativa (provavelmente corresponde à própria lipase lingual e não uma enzima produzida pelo estômago). Assim sendo, a ação digestiva do estômago sobre os lipídios resume-se à ação peristáltica sobre o bolo alimentar, formando uma mistura homogênea rica em gorduras. O colesterol não sofre degradação em sua estrutura básica, sendo apenas separado das lipoproteínas que os transportam ou de outros ácidos graxos ao qual estejam esterificados. Somente os tri-acil-gliceróis e os demais lipídios esterificados, sofrerão ação da lipase pancreática, com a liberação dos ácidos graxos constituintes, glicerol e outros compostos que façam parte da composição lipídica.

Os ácidos nucléicos não possuem grande importância na alimentação, uma vez que são bio-sintetizados. No estômago há a separação das nucleoproteínas, havendo a digestão por *ribonucleases* e *desoxirribonucleases* do suco pancreático e de *nucleosidases* e *fosfatases* do suco entérico. O interessante é que há um processo de excreção, como ácido úrico, de parte das bases nitrogenadas adenina e guanina presentes na alimentação, ainda na mucosa intestinal. As demais bases são absorvidas na forma de nucleotídeos e são degradados no fígado em suas formas catabólicas.

Um resumo das ações digestivas pode ser observado na Tabela 2-5.

Para ter uma visão geral do processo de absorção dos nutrientes, observe os itens abaixo:

Carboidratos:

- são absorvidos somente na forma de monossacarídeos;
- glicose, galactose e frutose são absorvidos mediante mecanismos específicos de transporte ativo (contra gradiente de concentração, com gasto de ATP);
- há absorção preferencial de glicose pelas células intestinais;
- são drenados pelo sistema porta hepático;
- após a absorção, o fígado libera parte da glicose para a corrente sanguínea e promove a conversão da glicose em excesso em glicogênio;
- a glicose sanguínea corresponde ao principal carboidrato circulante. Alguns outros monossacarídeos são identificados em quantidades muito pequenas, sendo resultantes de reações tautoméricas espontâneas da molécula da glicose.

Proteínas:

- são absorvidos na forma de dipeptídeos e de aminoácidos;
- os dipeptídeos são absorvidos mais rapidamente que os aminoácidos, devido à existência de mecanismos especiais de transporte;
- na superfície da mucosa intestinal se localiza um grande número de mecanismos específicos de absorção para vinte diferentes aminoácidos;
- são drenados pelo sistema porta hepático;
- fígado procede a síntese das inúmeras proteínas plasmáticas a partir dos aminoácidos absorvidos na alimentação. Os aminoácidos não-essenciais são sintetizados pelo fígado, o que faz com que o excesso da alimentação seja convertido a uréia (pela retirada do grupamento amino) e haja o aproveitamento da cadeia carbonada em processos metabólicos como a neoglicogênese ou o metabolismo energético.

Tabela 2-5: Resumo das ações digestivas dos principais materiais alimentícios.

Material alimentício	Ação digestiva	Produto final
Amido e glicogênio	amilase salivar e pancreática	maltose + glicose
Dissacarídeos	dissacaridases entéricas	monossacarídeos
Monossacarídeos	nenhuma	-
Proteínas	1. ácido clorídrico e pepsina gástrica 2. tripsina, quimotripsina e carboxipeptidases pancreáticas 3. aminopeptidase entérica	1. polipeptídeos grandes 2. polipeptídeos, dipeptídeos e aminoácidos. 3. aminoácidos.
Tri-acil-gliceróis (triglicerídeos)	emulsão com bile, hidrólise pela lipase lingual (gástrica) e pancreática (*)	ácidos graxos e glicerol
Colesterol	separação das lipoproteínas de transporte. Sua molécula, porém, não sofre processo digestivo	-
Ácidos nucleicos	nucleases pancreáticas e entéricas	nucleosídeos

(*) A ação da lipase pancreática é a mais importante, com a lipase lingual exercendo sua função apenas no estômago (= lipase gástrica) e com baixa atividade devido ao pH extremamente ácido (<2,0) do suco gástrico.

Ácidos graxos:

- após a digestão, as **micelas** são absorvidas pela mucosa intestinal indo a parte correspondente aos ácidos biliares para a circulação porta hepática;
- os ácidos graxos e os monoglicerídeos são absorvidos pela célula intestinal por difusão;
- os ácidos graxos de cadeia longa (acima de 16 carbonos) são reesterificados (num processo denominado síntese "de novo") para formar novos tri-acil-gliceróis, que se fixam a apolipoproteínas dando origem aos quilomícrons;
- essas lipoproteínas (quilomícrons) são drenados para o **sistema linfático** e transportadas para o duto torácico;
- uma vez que não vão ao fígado, há a deposição dos tri-acil-gliceróis reesterificados nos adipócitos só sendo degradados no processo metabólico energético quando houver a carência de carboidratos ou o aumento da necessidade energética;

- os ácidos graxos de cadeia curta não são reesterificados, ingressando rapidamente na circulação porta, fixando-se à albumina;
- as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) são absorvidas juntamente com os lipídios, sendo que sua absorção depende de uma absorção lipídica normal. A absorção da vitamina K é modificada pela ingestão e metabolismo do cálcio.

Água e eletrólitos:

- a água tem absorção maior na mucosa do intestino grosso;
- sódio é absorvido por mecanismo de transporte ativo ligado a absorção de aminoácidos, bicarbonato e glicose;
- transporte do cálcio está relacionado com a vitamina D e o hormônio paratireóide, sendo regulado por uma proteína fixadora de cálcio nas células intestinais;
- ferro é absorvido após ser reduzido pelo ácido clorídrico gástrico sendo transportado pelas células da mucosa intestinal antes de se ligarem às proteínas transportadoras plasmáticas. Há um limiar para o transporte na mucosa, sendo que há um limite de saturação pela mucosa intestinal.

Ácidos nucleicos:

- são absorvidos na forma de nucleotídeos a nível intestinal, sendo que grande parte das purinas (adenina e guanina) é convertida em ácido úrico ainda na mucosa intestinal e excretado pelas fezes;
- ácido úrico presente no sangue corresponde ao decorrente da degradação das purinas no fígado. Quando há um defeito hereditário com hiperatividade da síntese de ácido úrico, caracteriza-se uma doença genética muito comum conhecida como **gota**.

EXERCÍCIOS

1. Qual a relação ecológica entre produtores, consumidores e decompositores? O que isso diz respeito ao estudo dos alimentos?
2. Comente sobre a classificação dos alimentos do ponto de vista biológico.
3. Discuta a necessidade diária de alimentos em relação aparecimento de doenças nutricionais.
4. Qual a importância do Índice de Massa Corpórea (IMC) no estudo de patologias nutricionais?
5. Comente sobre doenças além da desnutrição e obesidade que podem estar relacionadas com os alimentos.
6. Conceitue taxa basal metabólica e efeito termogênico dos alimentos.
7. Faça um levantamento de sua alimentação diária média e relacione com sua atividade física e IMC.
8. Qual a importância das fibras na alimentação?
9. Qual a importância do estudo da composição dos alimentos industrializados para a manutenção da saúde humana?
10. Faça um resumo das principais ações de digestão e absorção dos alimentos.

Gastro-Intestinal Research Foundation (GIRF):

<http://homepage.interaccess.com/~ring/girf/girf.html>

Vitaminas e Minerais:

<http://www.cyber-north.com/vitamins/>

Para navegar na Internet

Fundamentos de Bioquímica:

<http://www.fundamentosdebioquimica.hpg.com.br>

Tecnologia de Alimentos:

<http://www.cetec.rmg.br/cetec/alimento/alimento.html>

UNICAMP - Saúde e Vida On Line -

<http://www.nib.unicamp.br/svol>

Sociedade Portuguesa de Cardiologia

<http://www.spc.pt/publico/principal.htm>

Biobrás:

<http://www.biobras.com.br>

Digestive Disease Center:

<http://www.niddk.nih.gov/DigestiveDocs.html>

Dispepsia:

<http://www.geocities.com/HotSprings/5591/>

Am I the Only One Left? (about vitamins):

<http://www.suite29.com/combs>

Diarrhea:

<http://regina.ism.ca/trakker/Medical/TravDiar.htm>