



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA

INTRODUÇÃO À QUÍMICA
DOS ALIMENTOS



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**

Secretaria da Educação

Governador

Cid Ferreira Gomes

Vice Governador

Francisco José Pinheiro

Secretária da Educação

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretário Adjunto

Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo

Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc

Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora de Desenvolvimento da Escola

Maria da Conceição Ávila de Misquita Vinãs

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC

Thereza Maria de Castro Paes Barreto

Água

Propriedades físicas e químicas

Propriedades físicas

Propriedades

Momento dipolar - 1,84

Constante dielétrica - 80,4 (20oC)

Calor latente de liquefação - (cal/mol) 80

Calor latente de vaporização - (cal/mol) 9.750

Ponto de fusão - 0oC

Ponto de ebulição - 100 oC

Viscosidade - 1,002

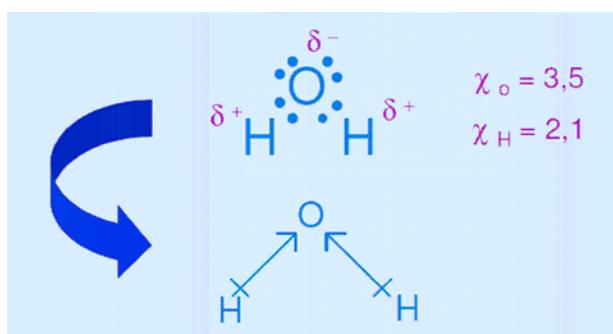
Densidade - 1,000

Peso molecular – 18

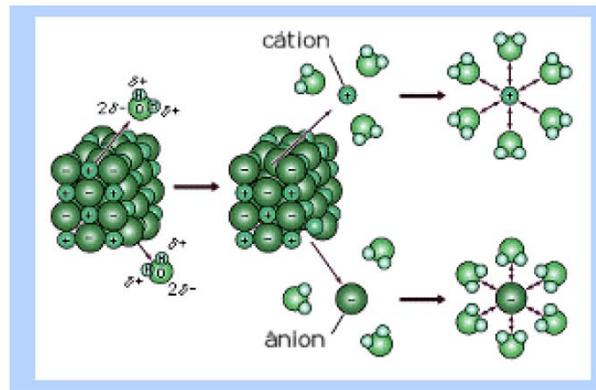
O pequeno volume da molécula de água permite a penetração nas estruturas cristalinas e entre as moléculas de grandes dimensões como hidratos, solvatando os íons ou as moléculas.

As características elétricas e momento dipolar da água permitem a sua participação em ligações covalentes, dipolo-dipolo e íon-dipolo e sua alta constante dielétrica é fator importante na solvatação e separação de íons.

Propriedades da molécula da água

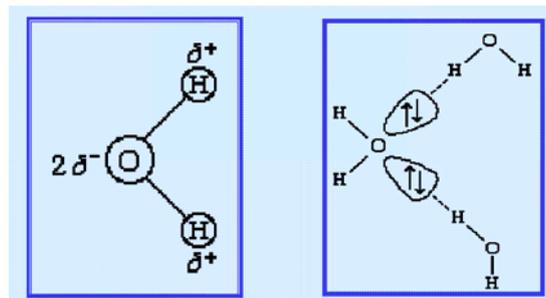


O conjunto formado pelo reduzido volume, alto momento dipolar e elevada constante dielétrica é o principal responsável pelas propriedades especiais da molécula de água como solvente.

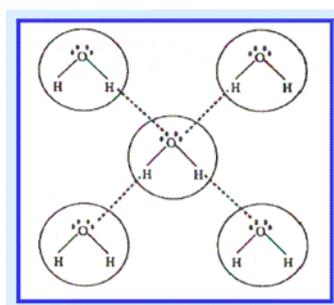


Solvatação e Separação de íons

Ligação de hidrogênio - As ligações de hidrogênio ou pontes de hidrogênio são um caso particular das ligações de Van der Waals. São ligações eletrostáticas dipolo-dipolo com um nível energético baixo (entre 1-10 Kcal/mol), quando comparadas com ligações covalentes, como a ligação O-H na água com 118 Kcal/mol.



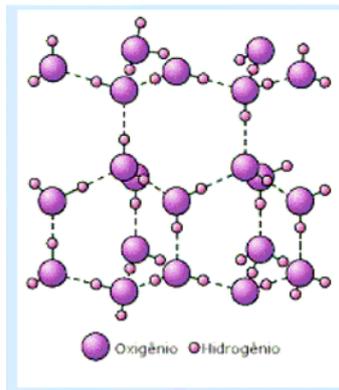
Água líquida - Cada molécula de água pode se ligar a outras 4 moléculas, formando um agregado ao qual moléculas de água poderão se unir. Os agregados estão em permanente formação e ruptura e em permanente movimento.



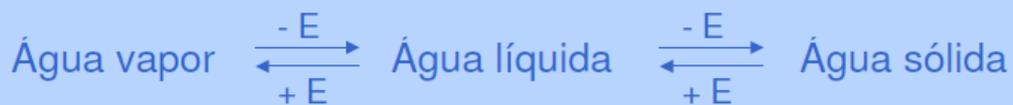
Água no estado de vapor - Aquecendo a água estaremos aumentando a energia das moléculas, o que permitirá que elas possam se afastar mais e aumentar a velocidade de ruptura e formação das pontes de hidrogênio. Quando a quantidade de energia cedida à água for suficiente, as moléculas na superfície poderão passar em grande número para a fase de vapor (temperatura de ebulição).

Água no estado sólido - Resfriamento da massa de água: diminui gradativamente energia do sistema e assim também os movimentos moleculares. Estado cristalino: todas as moléculas ocupam posições fixas, formando o retículo cristalino com as distâncias entre as moléculas, sendo maior do que no

estado líquido.



PROPRIDADES DA MOLÉCULA DA ÁGUA



Moléculas afastadas, raras ligações de H; conteúdo de energia alto, praticamente todas as moléculas estão livres.

Formação de agregados com moléculas livres entre os mesmos, grande número de ligações de H, conteúdo de energia mais baixo.

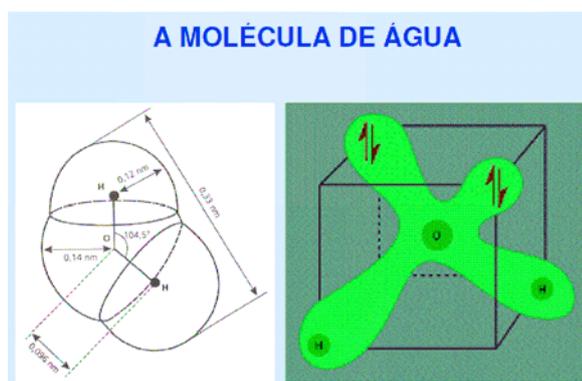
Moléculas fixas no retículo cristalino em distâncias superiores a 1,2 Å; todas as ligações de H possíveis estão formadas. Conteúdo de energia baixo. Nenhuma molécula livre.

A água nos alimentos (água livre e água ligada)

| ÁGUA NOS ALIMENTOS | |
|---------------------------|--------------------|
| ALIMENTOS | % H ₂ O |
| <i>FRUTAS:</i> Laranja | 90 |
| Melancia | 95 |
| Banana | 75 |
| Morango | 90 |
| Abacate | 70 |
| <i>VEGETAIS:</i> Brócolis | 85 |
| Cenoura | 85 |
| Alface | 95 |
| Repolho | 90 |
| Batata | 80 |
| CARNE | 50-75 |
| PEIXE | 70-80 |
| LEITE | 85-90 |
| OVO | 70-75 |

ÁGUA LIVRE - A água fracamente ligada ao substrato, e que funciona como solvente, permitindo o crescimento dos microorganismos e reações químicas e que é eliminada com relativa facilidade.

ÁGUA COMBINADA - A água está fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada e que não é utilizada como solvente e não permite o desenvolvimento de microorganismos e retarda as reações químicas.

Atividade de água (conceito, importância)

A quantidade de água presente em um alimento pode se encontrar na forma de água ligada e não-ligada. A relação entre o teor de água não-ligada ou disponível é denominada de atividade de água. A atividade de água de um alimento ou solução pode ser definida como a razão entre a pressão de vapor de água do alimento (p) e a pressão de vapor da água pura sob uma mesma temperatura (p_0). Varia numericamente de 0 a 1 e é proporcional à umidade relativa de equilíbrio. $A_w = p/p_0$

Quando solução torna-se mais concentrada, a pressão de vapor decresce e a A_w cai de um valor máximo igual a 1 (um) para a água pura.

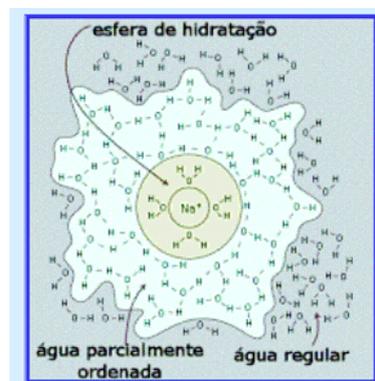
Conceitos gerais

A quantificação do teor de água em produtos alimentícios é extremamente importante na sua preservação. A água numa matriz alimentícia pode exercer diversas funções, dependendo de sua disponibilidade e de outros componentes do alimento. Pode ser considerada como:

- Ø Solvente;
- Ø Reagente;
- Ø Componente adsorvido;
- Ø Plastificante.

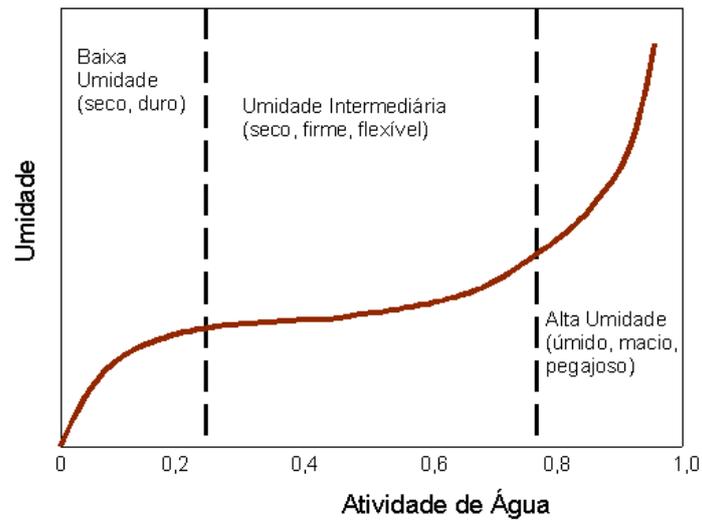
O efeito da A_w na textura de alimentos é importante, mas não há correlações específicas, que expliquem essa variação. As alterações dependem da matriz do produto e do tempo de armazenamento, entre outros fatores.

Interação água-soluto



A adição de diferentes substâncias à água determina a alteração das propriedades da substância adicionada e da própria água. As substâncias hidrofílicas interagem fortemente com a água por mecanismos íon-dipolo ou dipolo-dipolo, causando mudanças na estrutura da água e em sua mobilidade. Os grupos hidrofóbicos das substâncias adicionadas interagem muito fracamente com a água adjacente, preferindo um ambiente não aquoso. A tendência da água de associar-se a substâncias hidrofílicas, em diversos graus de intensidade, é chamada ligação de água ou hidratação.

Textura de alimentos em função de regiões de umidade relativa, em uma isoterma de sorção.



Proteínas

Definição

As proteínas são as principais substâncias construtoras do nosso organismo, mais importantes para construção e reparo dos tecidos do que as gorduras e os hidratos de carbono. São os elementos formativos essenciais de células, hormônios, enzimas.

Composição

São compostos de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e, freqüentemente, enxofre. Muitas proteínas contêm ainda fósforo, ferro, cobre, manganês, iodo.

As proteínas são constituídas de substâncias mais simples: os aminoácidos ou ácidos aminados, que possuem pelo menos um grupo NH₂ (grupo amina) e um grupo COOH (grupo ácido – carboxila).

Os aminoácidos – que representam, portanto, as unidades básicas da estrutura das proteínas – são em número de 22 e podem ser divididos em:

Aminoácidos essenciais: são aqueles que o organismo não pode sintetizar, devendo ser recebidos através da alimentação. São eles: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano e valina. A arginina e a histidina são considerados como semi-essenciais, por serem necessários ao crescimento, mas não, na idade adulta.

Aminoácidos não essenciais: são aqueles que o organismo pode elaborar e não são necessários ao crescimento e desenvolvimento normais. São eles: ácido aspártico, ácido glutâmico, ácido hidroxiglutâmico, alanina, cistina, citrulina, glicina, hidroxiprolina, norleucina, prolina, serina e tirosina.

| Aminoácidos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Isoleucina | 10-11 | 3,5 | 4,0 | 4,6 | 3,9 | 3,6 | 3,4 | 5,0 |
| Leucina | 11-14 | 4,2 | 5,3 | 7,1 | 4,3 | 5,1 | 6,5 | 8,2 |
| Lisina | 9-12 | 3,5 | 3,7 | 4,9 | 3,6 | 4,4 | 2,0 | 3,6 |
| Metionina + Cistina | 11-14 | 4,2 | 3,2 | 2,6 | 1,9 | 2,1 | 3,8 | 3,4 |
| Metionina | | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,2 | 0,9 | 1,4 | 2,2 |
| Fenilalanina + Tirosina | 13-14 | 4,5 | 6,1 | 7,2 | 5,8 | 5,5 | 6,7 | 8,9 |
| Fenilalanina | | 2,4 | 3,5 | 3,5 | 3,1 | 3,3 | 4,6 | 4,7 |
| Treonina | 6-7 | 2,2 | 2,9 | 3,3 | 2,9 | 2,7 | 2,5 | 3,7 |
| Triptofano | 3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Valina | 11-14 | 4,2 | 4,3 | 5,6 | 3,6 | 3,3 | 3,8 | 6,4 |

1. Requerimento diário em mg/kg de peso corporal.
2-8. Valores relativos ao Trp, que tem valor igual a 1,0;
2. Necessidades diárias;
3. Ovos;

4. Leite bovino;
5. Bata;
6. Soja;
7. Farinha de trigo;
8. Arroz.

Uma proteína é considerada de alto valor biológico, quando possui, em sua composição, aminoácidos essenciais, em proporções adequadas.

De acordo com a sua composição, as proteínas podem ser:

Simples: contêm somente aminoácidos. Ex.: albuminas (lactalbumina do leite, ovalbumina da

clara do ovo); globulinas (glicinina da soja, faseolina do feijão); glutelinas (glúten do trigo); prolaninas (zeína do milho, gliadina do trigo); albuminóides (colágeno, queratina, gelatina).

Compostos ou conjugados: contêm proteínas simples unidas às outras substâncias não protéicas. Ex.: nucleoproteínas (proteína + ácido nucléico); glicoproteínas (proteína + glícide); fosfoproteínas (proteína + fósforo, como a caseína do leite e a ovovitelina da gema do ovo); cromoproteínas (proteína + pigmento, como a hemoglobina do sangue); lipoproteínas (proteína + lípide, como o colesterol); metaloproteína (proteína + metal, como o cobre ou o ferro).

Derivados

São fragmentos de proteínas, como polipeptídios, peptídios, proteoses e peptonas.

Classificação

De acordo com seu valor biológico, as proteínas podem ser divididos em dois grupos:

1º) Proteínas completos: contêm todos os aminoácidos essenciais, em quantidade suficiente e nas devidas proporções. Mantêm a vida e promovem o crescimento normal. Estas proteínas são as de origem animal, como as da carne, do leite, do queijo e dos ovos.

2º) Proteínas incompletos: são aqueles que não possuem um ou mais aminoácidos essenciais. São incapazes de manter a vida ou de promover o crescimento quando constituírem a única fonte protéica. Estas proteínas são as de origem vegetal, como as das leguminosas, dos cereais e dos legumes.

Em uma dieta mista, as proteínas animais e vegetais se complementam, tornando evidente a importância da variedade na seleção dos alimentos.

Funções

A função principal da proteína é promover o crescimento pela formação de novas células e permitir a conservação dos tecidos pela reposição de células gastas (função construtora).

Ademais, as proteínas proporcionam aminoácidos para outras substâncias essenciais, tais como as enzimas e os hormônios (função construtora e reguladora).

A proteína também contribui para o metabolismo energético do organismo, fornecendo 4 calorias por grama (função energética).

Digestão, absorção e metabolismo

As proteínas não sofrem digestão na boca, porém, a mastigação e a insalivação formam uma massa semi-sólida que passa ao estômago, onde tem início a digestão química.

A principal enzima que atua sobre as proteínas é a pepsina, ativada pelo ácido clorídrico presente no suco gástrico. Sua ação decompõe as proteínas em proteoses e peptonas. Ainda no suco gástrico, temos outra enzima – a quimosina ou renina – que atua sobre a caseína do leite, coagulando-a, a fim de que permaneça mais tempo no estômago para sofrer digestão.

No intestino delgado, as enzimas pancreáticas – tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase – e as

enzimas entéricas – aminopeptidase e dipeptidase – agem sobre as proteínas, transformando-as em cadeias de peptídios progressivamente menos complexos, até chegar a aminoácidos. Sob esta forma, as proteínas são absorvidas, passando à corrente sanguínea, de onde são retiradas pelas células.

Os aminoácidos são usados em múltiplas formas no organismo a saber: na manutenção da proteinemia normal, na renovação dos tecidos e no crescimento, na formação de anticorpos, na formação de hormônios e enzimas, como precursores de vitaminas, na oxidação da fração não nitrogenada a fim de produzir energia e na ressíntese de aminoácidos.

O organismo não possui órgãos que mantenham uma reserva estática de proteínas. A perda de proteínas indispensáveis reflete-se por sinais ou sintomas de alterações estruturais.

Estrutura de Proteínas

Em animais superiores, as proteínas são os compostos orgânicos mais abundantes, representam cerca de 50 % do peso seco dos tecidos. Do ponto de vista funcional, seu papel é fundamental, não existindo processo biológico que não dependa da presença ou da atividade deste tipo de biomolécula. As proteínas desempenham inúmeras funções distintas, como por exemplo: enzimas, hormônios, proteínas transportadoras, anticorpos e receptores de muitas células.

Todas as proteínas contêm carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio e muitas possuem enxofre. Há variações na composição de diferentes proteínas, porém a quantidade de nitrogênio, representa, em média, 16 % da massa total da molécula. Dessa forma pode-se calcular a quantidade aproximada de proteína em uma amostra medindo-se a quantidade de nitrogênio da mesma. As proteínas são moléculas poliméricas de grande tamanho, pertencendo à categoria das macromoléculas, constituídas por um grande número de unidades monoméricas estruturais – os aminoácidos – que formam grandes cadeias. Devido a esse grande tamanho, quando são dispersas em um solvente adequado, formam soluções coloidais, que possuem características especiais que as distinguem das soluções de moléculas pequenas. Por meio da hidrólise podemos clivá-las em seqüências menores de aminoácidos, pois centenas ou milhares de aminoácidos podem participar na formação de uma grande molécula polimérica de uma proteína.

As proteínas são formadas através de ligações peptídicas entre os diversos tipos de aminoácidos e podemos classificá-las em duas grandes categorias:

Proteínas globulares: são proteínas em que as cadeias de aminoácidos se voltam sobre elas mesmas, formando um conjunto compacto que tem forma esferóide ou elipsóide, em que os três eixos da molécula tendem a ser de tamanhos similares. Em geral, são proteínas de grande atividade funcional, como por exemplo, as enzimas, os anticorpos, os hormônios, a hemoglobina; são solúveis em meios aquosos.

- **Proteínas fibrosas:** são proteínas em que as cadeias de aminoácidos se ordenam de maneira paralela, formando fibras ou lâminas estendidas, nas quais o eixo longitudinal predomina sobre os

transversais. Em geral, são pouco solúveis em água e participam na formação de estruturas de sustentação, como as fibras do tecido conjuntivo e outras formações de tecidos de grande resistência mecânica.

A estrutura molecular das proteínas é muito complexa, por essa razão é conveniente dividi-la em níveis distintos de organização:

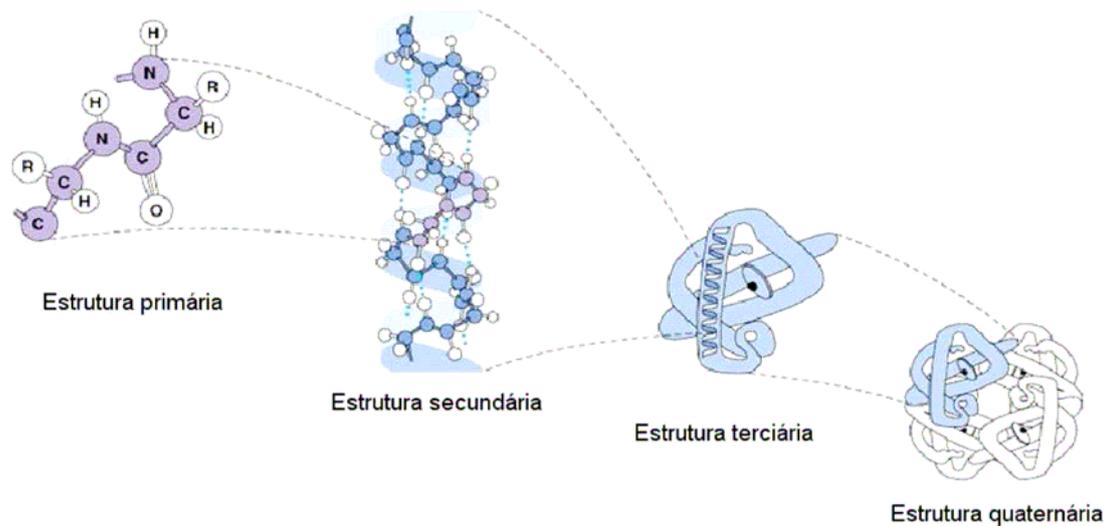


Figura 3.1 Níveis de organização da estrutura molecular de uma proteína.

- Estrutura primária: refere-se ao número e identidade dos aminoácidos que compõem a molécula e ao ordenamento ou seqüência dessas unidades na cadeia polipeptídica. A união peptídica somente permite a formação de estruturas lineares e por isso, as cadeias não apresentam ramificações.

Estrutura secundária: a medida que o comprimento das cadeias vai aumentando e em função das condições físico-químicas do meio, se cria a estrutura secundária, que é a disposição espacial regular, repetitiva, que a cadeia polipeptídica pode adotar, geralmente mantida por ligações de hidrogênio. Podemos ter:

- a) Hélice-alfa: as cadeias de aminoácidos têm vários centros polares e, devido a isto, a fibra enrola-se dando lugar a uma hélice que se estabiliza formando ligações intramoleculares com pontes de hidrogênio.

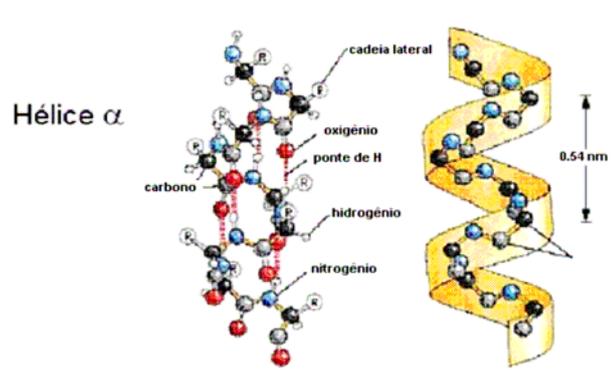


Figura 3.2 Exemplo de uma estrutura do tipo hélice-alfa.

- b) Folha-beta: as cadeias de peptídeos se unem formando filas paralelas que se estabilizam de maneira intermolecular mediante pontes de hidrogênio.

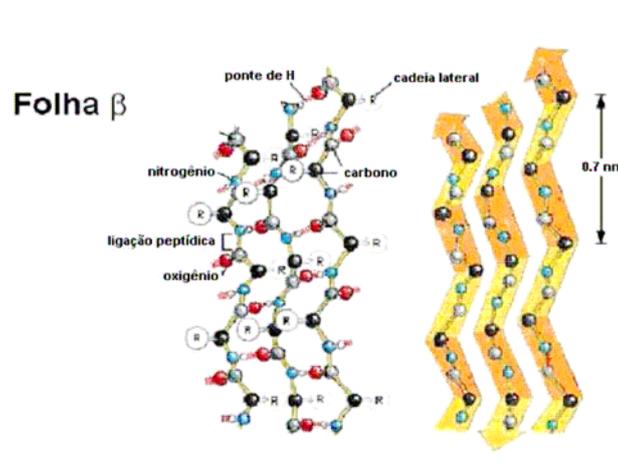


Figura 3.3 Exemplo de uma estrutura do tipo folha-beta.

- Estrutura terciária: é a estrutura da maioria das proteínas globulares, aparece a partir das hélices, que voltam a enrolar-se. É uma estrutura tridimensional completa que forma-se a partir das forças de atração ou repulsão eletrostática, das pontes de hidrogênio, das forças de Van der Waals e das pontes dissulfeto existentes entre os resíduos de aminoácidos que formam as cadeias.

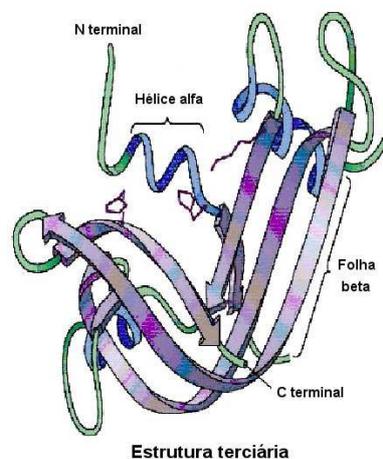


Figura 3.4 Exemplo de estrutura terciária de uma proteína.

- Estrutura quaternária: são estruturas de caráter oligomérico, que estão compostas por várias moléculas separadas, mas entrelaçadas em estrutura terciária. Se aplica somente a proteínas constituídas por duas ou mais cadeias polipeptídicas e se refere a disposição espacial dessas cadeias e as ligações que se estabelecem entre elas – pontes de hidrogênio, atrações eletrostáticas, interações hidrofóbicas, pontes dissulfeto entre cisteínas de cadeias diferentes. Um exemplo deste tipo de estrutura é a hemoglobina que é composta por quatro subunidades semelhantes à mioglobina.

Albumina e Insulina

Albumina sérica é uma das proteínas mais estudadas e é a mais abundante no plasma com uma concentração típica de 5g / 100ml. Muitos pesquisadores têm estudado a estrutura e as propriedades da albumina sérica e suas interações com outras proteínas com o intuito de compreender todas as suas funções no organismo (Friedli, 2005).

A albumina sérica é a mais abundante proteína no sistema circulatório e contribui em 80% para a manutenção da pressão osmótica do sangue. É também um dos principais responsáveis pela manutenção do pH do sangue. Nos mamíferos, a albumina é sintetizada inicialmente como preproalbumina pelo fígado. Após a remoção do peptídeo sinal, tem-se a proalbumina que será modificada pela remoção de seis resíduos de propeptídeo do novo terminal N. A albumina enviada para a circulação sanguínea possui uma meia-vida de 19 dias. Como a albumina é sintetizada no fígado, a diminuição de sua quantidade no plasma pode ser produto de uma doença hepática, mas também pode ser o resultado de uma doença renal que permita que a albumina escape pela urina. Sua diminuição pode também estar relacionada a desnutrição ou uma dieta pobre em proteínas.

Existem resultados contraditórios e muitas discussões sobre a determinação da estrutura da albumina, porém com base em experimentos de hidrodinâmica e espalhamento de raios-X, a albumina sérica aproxima-se de um elipsóide de 140 x 40 Angstroms com três domínios homólogos. Albuminas são caracterizadas por conterem um número pequeno de resíduos de triptofano e metionina e um alto número de cistina e aminoácidos carregados, ácidos aspártico e glutâmico, lisina e arginina. O conteúdo de glicina e isoleucina é menor que a média encontrada em proteínas. Tanto a albumina bovina (BSA) quanto a humana (HSA) possuem apenas um resíduo de cisteína livre, Cys34. Os outros formam 17 pontes dissulfeto ajudando a manter a estrutura terciária. A albumina bovina (BSA) possui 2 resíduos de triptofano, Trp134 e Trp212 e a humana (HSA) apenas um, Trp214. A Fig. 3.5 abaixo mostra a estrutura de cadeias de duas moléculas de HSA (PDB, 1BM0), onde os resíduos Cys34 e Trp214 aparecem como esferas.

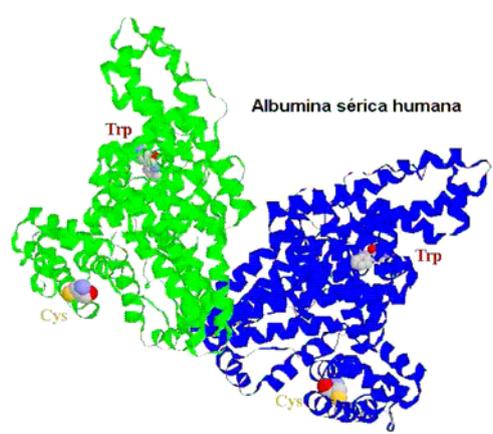


Figura 3.5 Estrutura quaternária da HSA com os resíduos de cisteína e triptofano em destaque. (Construída a partir das coordenadas 1BM0, disponíveis no PDB, Protein Data Bank)

Talvez, a mais interessante propriedade da albumina seja sua capacidade de ligar-se reversivelmente a uma grande variedade de ligantes. A albumina é a principal transportadora de ácidos graxos, que são insolúveis no plasma sanguíneo. Também possui muitas outras funções, como seqüestrar radicais livres de oxigênio e inativar vários metabólitos lipofílicos tóxicos como a bilirrubina. A albumina tem uma grande afinidade por ácidos graxos, hematina, bilirrubina e por pequenos compostos aromáticos negativamente carregados. Forma ligações covalentes com fosfato piridoxil, cisteína, glutatona e vários metais como cobre, níquel, mercúrio, prata e ouro. No plasma circulante, aproximadamente 30 % dos grupos –SH livres, Cys34, são oxidados por cisteína e glutatona. Como a albumina é uma proteína transportadora multifuncional, acredita-se que ela possa ser uma transportadora ou reservatório de óxido nítrico, e possa estar relacionada com importantes processos fisiológicos ainda não compreendidos envolvendo o NO.

A insulina é uma proteína composta de duas cadeias polipeptídicas, chamadas de cadeia A e cadeia B. As cadeias A e B são mantidas unidas por duas pontes dissulfeto; há uma outra ponte dissulfeto no interior da cadeia A. Não há cisteína livre. Na maioria das espécies, a cadeia A consiste de 21 resíduos de aminoácidos e a cadeia B, de 30. Na molécula de insulina não há resíduos de triptofano. A Fig. 3.6 mostra a estrutura de cadeias de duas moléculas de insulina (PDB, 1GUJ), onde os resíduos de cisteína formam pontes dissulfeto, estão apresentados na estrutura esfera-bastão.

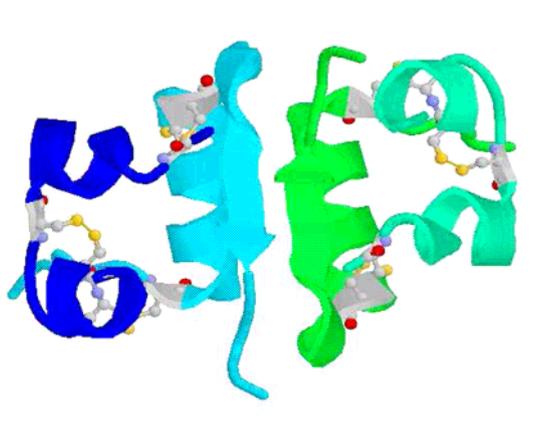


Figura 3.6 Duas moléculas de insulina com as pontes dissulfeto em destaque. (Construída a partir das coordenadas 1GUJ, disponíveis no PDB, Protein Data Bank)

Apesar da seqüência de aminoácidos da insulina variar entre espécies, certos segmentos da molécula são altamente conservados, incluindo as posições das três pontes dissulfeto, os finais da cadeia A e os resíduos C-terminal da cadeia B.

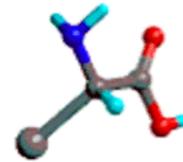
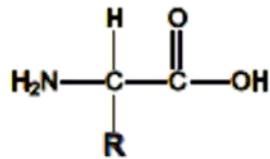
Estas similaridades na seqüência de aminoácidos da insulina levam a uma conformação tridimensional que é muito parecida entre as espécies. Dessa forma uma molécula de insulina de um

animal tem uma atividade biológica muito semelhante quando inoculada em outro animal de espécie diferente. Por isso, a insulina do porco foi muito usada no tratamento de pacientes humanos diabéticos.

O nível de glicose sanguínea nos mamíferos é controlado principalmente por dois hormônios protéicos produzidos no pâncreas pelas ilhotas de Langerhans: a insulina e o glucagon. A função da insulina é estimular a entrada de glicose do sangue para o interior das células sempre que houver hiperglicemia, como após as refeições. A ligação da insulina aos seus receptores na membrana da célula, desencadeia uma série de reações bioquímicas em cascata, fosforilações e desfosforilações a partir do receptor de tirosina cinase, que aumentarão o número de receptores de glicose na membrana da célula, conhecidos como receptores GLUT. Já o glucagon estimula a liberação de glicose especialmente no fígado e no tecido adiposo em casos de hipoglicemia, como nos intervalos entre as refeições. Os indivíduos que não produzem insulina suficiente para o controle da glicemia sanguínea são portadores de diabetes do tipo 1 – juvenil – e dependem da administração de insulina. Os portadores de diabetes tipo 2 em geral são adultos que produzem insulina em quantidade suficiente ou aumentada, mas suas células não são sensíveis a ela. Através do trabalho de Frederick Sanger, a insulina foi o primeiro hormônio peptídico a ter sua seqüência de aminoácidos conhecida (Miranda e Loffredo, 2005).

Estrutura dos aminoácidos

Estrutura Geral dos Aminoácidos



| Nome (abrev.) | Aminoácidos | | Nome (abrev.) | Aminoácidos | |
|---------------|---|--|-----------------|--|--|
| Glicina (Gli) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ | | Metionina (Met) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | |
| Alanina (Ala) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | | Serina (Ser) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ | |
| Valina (Val) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | | Treonina (Ter) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | |
| Leucina (Leu) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | | Cisteína (Cis) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$ | |

| Nome (abrev.) | Aminoácidos | | Nome (abrev.) | Aminoácidos | |
|-----------------------|-------------|--|------------------|-------------|--|
| Isoleucina (Ile) | | | Tirosina (Tir) | | |
| Prolina (Pro) | | | Asparagina (Asn) | | |
| Fenilalanina (Fen) | | | Glutamina (Gln) | | |
| Triptofano (Trp) | | | Lisina (Lis) | | |
| Ácido glutâmico (Glu) | | | Arginina (Arg) | | |
| Ácido aspártico (Asp) | | | Histidina (His) | | |

Carboidratos

Definição

Os glicídeos ou carboidratos, comumente chamados, são formados nos vegetais, através da fotossíntese. A fixação do dióxido de carbono (CO₂) e da água (H₂O) em presença da luz solar e da clorofila faz com que os glicídeos sejam armazenados em algumas partes da planta, como a raiz, as sementes, o fruto, o caule ou a folha.

Os glicídeos representam para o organismo a mais apreciável e a mais econômica fonte de energia.

Nota: Entre os poucos glicídeos que se obtém dos animais, podemos citar: a lactose (açúcar do leite) e a frutose (açúcar do mel).

Composição

São compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio, sendo que os dois últimos se encontram na molécula, na mesma proporção da água, isto é, 2 átomos de hidrogênio para 1 átomo de oxigênio. A glicose, hidrato de carbono fundamental, tem como fórmula C₆ H₁₂ O₆.

Classificação

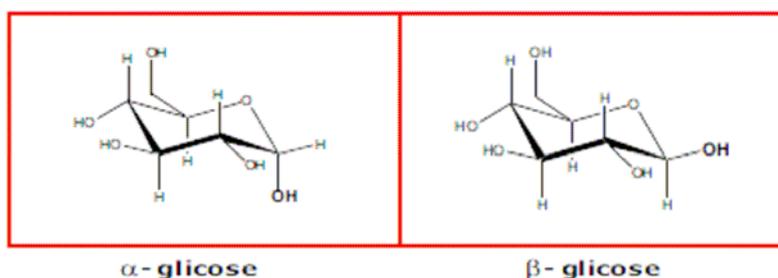
Os carboidratos são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

Podem ser divididos em 3 grupos:

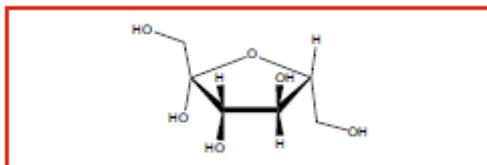
1º) Os monossacarídeos são as unidades mais simples de carboidratos. Podem ser divididos quanto à função orgânica presente, cetose (função orgânica cetona) e aldose (função orgânica aldeído), e quanto ao número de átomos de carbono na cadeia, triose (3 átomos de carbonos), tetrose (4 átomos de carbono), pentose (5 átomos de carbono), hexose (6 átomos de carbonos). Não necessitam sofrer qualquer transformação para serem absorvidos pelo organismo.

a) Glicose (dextrose): resultado da "quebra" de carboidratos mais complexos, polissacarídeos, é a forma de açúcar que circula no sangue e se oxida para fornecer energia. No metabolismo humano, todos os demais tipos de açúcares se transformam em glicose. É também encontrada no milho, na uva, e em outras frutas e vegetais.

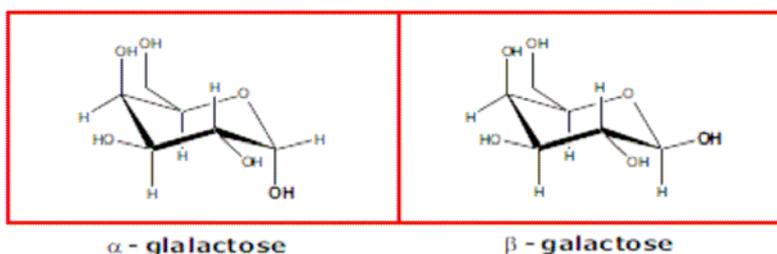
É rapidamente absorvida, sendo utilizada como fonte de energia imediata ou armazenada no fígado e no músculo na forma de glicogênio muscular.



b) Frutose (levulose): é o açúcar das frutas. Encontrada principalmente nas frutas e no mel. É o mais doce dos açúcares simples. Fornece energia de forma gradativa, por ser absorvida lentamente, o que evita que a concentração de açúcar no sangue (glicemia) aumente muito depressa.

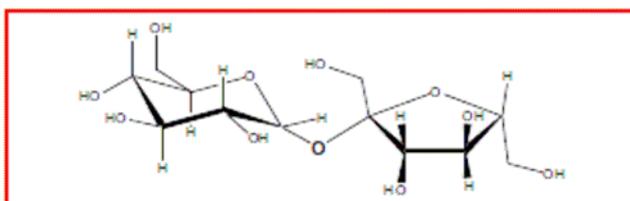


c) Galactose: proveniente da lactose, o dissacarídeo do leite e seus derivados. No fígado, é transformada em glicose para fornecer energia.

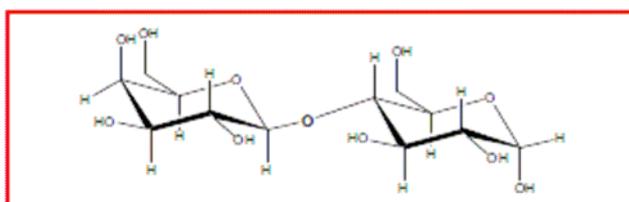


2º) Dissacarídeos (açúcares duplos): São combinações de açúcares simples, podendo sofrer desdobramento através da ação de enzimas. Entre eles temos:

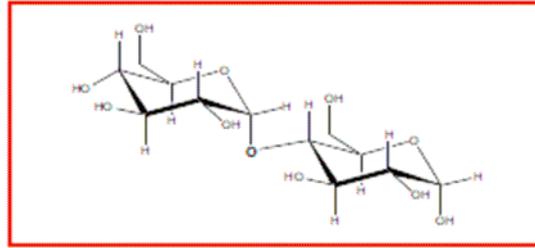
a) Sacarose (açúcar de cana): forma de açúcar que nos é mais familiar, encontrada na cana-de-açúcar e na beterraba. É o açúcar mais comum, açúcar branco, formado por glicose e frutose. Tem rápida absorção e metabolização, eleva glicemia e fornece energia imediata para a atividade física, contribui para a formação das reservas de glicogênio.



b) Lactose: é o principal açúcar presente no leite, sendo de 5 a 8% no leite humano e de 4 a 5% no leite de vaca. É composto por glicose e galactose, sendo o açúcar menos doce.



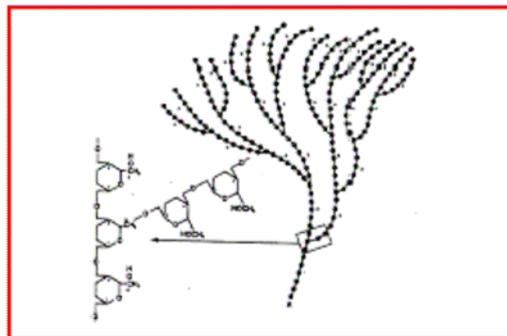
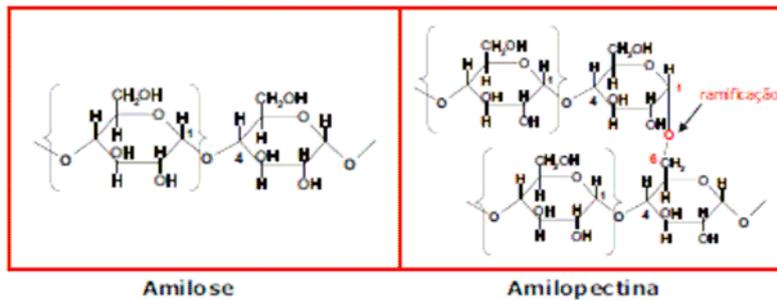
c) Maltose: formada por duas moléculas de glicose, é resultado da quebra do amido presente nos cereais em fase de germinação e nos derivados do malte.



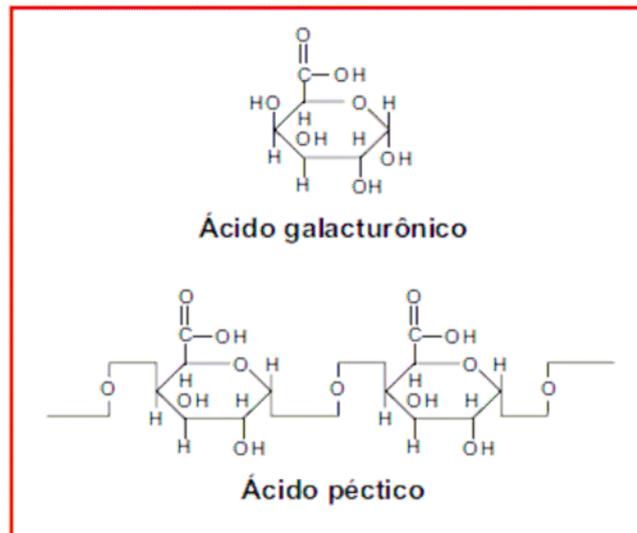
3º) Polissacarídios: são carboidratos mais complexos, compostos de muitas unidades de monossacarídios. São eles:

a) Amido: acha-se armazenado nas sementes, nas raízes, tubérculos, frutos, caule e folhas dos vegetais. Constitui a principal fonte dietética de carboidrato.

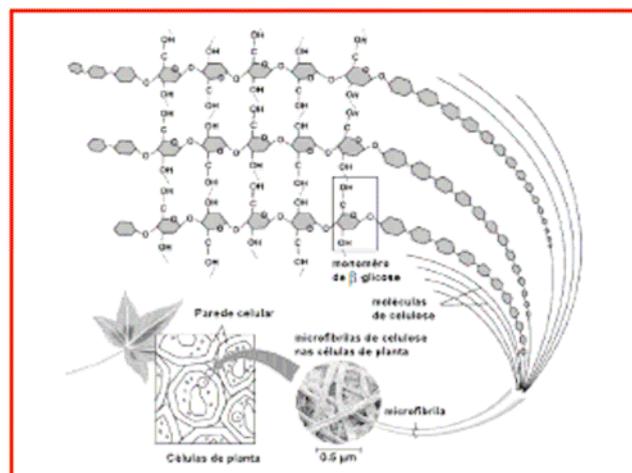
A cocção de substâncias ricas em amido melhora seu sabor, suaviza e rompe suas células, facilitando os processos digestivos. Durante a digestão, o amido se transforma primeiramente em dextrina (monose) e em seguida em maltose (dissacarídeo).



b) Pectina: é um polissacarídeo indigerível, absorve água formando gel, retarda o esvaziamento gástrico. Está presente na casca de frutas. Utilizada em geléia, marmelada, e como estabilizante em bebidas e sorvetes.

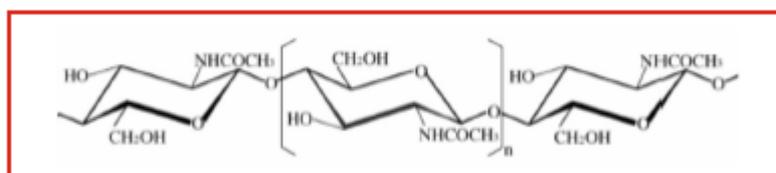


c) Celulose: como os outros materiais fibrosos, é resistente às enzimas digestivas humanas, não sendo digerida. Um de seus papéis é ajudar no bom funcionamento do intestino, formando o bolo fecal. É encontrada exclusivamente nas plantas e perfaz a parte estrutural das folhas, caules, raízes, sementes e cascas de frutas.



d) Glicogênio: é também chamado “amido animal”, pois é a forma sob a qual a glicose se armazena no organismo humano, principalmente no fígado e nos tecidos musculares.

e) Quitina: polissacarídeo estrutural; semelhante à celulose, também é utilizado como sustentação. Possui ligações β (1 \rightarrow 4) entre as unidades de N-acetilglicosamina. Está presente na carapaça de crustáceos como caranguejo e siri.



f) Maltodextrina: este polímero de glicose fornece energia devido ao mecanismo enzimático que

ocorre no intestino, até sua forma mais simples, glicose. Evita, deste modo, picos glicêmicos, além de ser ótimo precursor para a síntese de glicogênio muscular.

Funções

A função principal dos glicídeos na alimentação humana é proporcionar energia. O homem normal deve ingerir glicídeos na quantidade necessária para manter suas atividades. Quando há excesso de ingestão e esgota-se a capacidade de armazenar a glicose sob a forma de glicogênio, esse excesso transforma-se em gordura, depositando-se sob a forma de tecido adiposo subcutâneo e visceral, causando a obesidade. Em um processo inverso, quando não há glicose ou glicogênio disponível, o organismo utiliza essa gordura para o fornecimento de energia, causando o emagrecimento.

Os carboidratos desempenham funções importantes como:

1. Fonte de energia: os carboidratos servem como combustível energético para o corpo, sendo utilizados para acionar a contração muscular, assim como todas as outras formas de trabalho biológico. São armazenados no organismo humano sob a forma de glicogênio e nos vegetais como amido.

2. Preservação das proteínas: as proteínas desempenham papel na manutenção, no reparo e no crescimento dos tecidos corporais, podendo inclusive ser fonte de energia alimentar. Quando as reservas de glicogênio estão reduzidas, a produção de glicose começa a ser realizada a partir da proteína. Isto acontece muito no exercício prolongado e de resistência. Conseqüentemente há uma redução temporária nas "reservas" corporais de proteína muscular. Em condições extremas, pode causar uma redução significativa no tecido magro (perda de massa muscular).

3. Proteção contra corpos cetônicos: se a quantidade de carboidratos é insuficiente devido a uma dieta inadequada ou pelo excesso de exercícios, o corpo mobiliza mais gorduras, que também atuam na produção de energia, para o consumo (do mesmo modo como faz com as proteínas). Isso pode resultar no acúmulo de substâncias ácidas (corpos cetônicos), prejudiciais ao organismo.

4. Combustível para o sistema nervoso central: carboidratos são os combustíveis do sistema nervoso central, sendo essenciais para o funcionamento do cérebro, cuja única fonte energética é a glicose. Primariamente o combustível, glicose, vai para o cérebro, medula, nervos periféricos e células vermelhas do sangue. Assim, uma ingestão insuficiente pode trazer prejuízos não só ao sistema nervoso central, mas ao organismo em geral.

Digestão, absorção e metabolismo

A primeira enzima a agir sobre os glicídeos é a amilase salivar ou ptialina, que atua sobre o amido e a dextrina, transformando-se em maltose. Como os alimentos permanecem durante pouco tempo na boca, a digestão aí é reduzida. No momento em que o bolo alimentar entra no estômago, a amilase salivar é rapidamente inativada pelo meio ácido (HCl), embora a digestão continue se processando no interior do bolo, até que este seja atingido pelo ácido. No intestino delgado é onde se faz mais intensamente a

digestão dos glícides, através da amilase pancreática (amido \rightarrow maltose); da sacarose ou invertase (sacarose \rightarrow glicose + frutose); maltase (maltose \rightarrow 2 moléculas de glicose); lactose \rightarrow glicose + galactose). Sob a forma de monossacarídeos, os glícides finalmente são absorvidos.

São conduzidos pela veia porta ao fígado, onde a glicose se transforma em glicogênio. Quando o organismo necessita de energia, o fígado desintegra o glicogênio em glicose, que passa que passa para o sangue. A taxa normal de glicose no sangue é denominada glicemia (70 a 120 mg de glicose por 100 ml no sangue) e é controlada, de acordo com as necessidades do organismo, por alguns hormônios como: a insulina e a tiroxina.

Lipídeos

Definição

Compostos encontrados nos organismos vivos, geralmente insolúveis em água e solúveis em compostos orgânicos. Estão incluídos: óleos, gorduras, ceras, hormônios esteróides, colesterol, vitaminas lipossolúveis, etc.

Características

- Geralmente insolúveis em água;
- Solúveis em solventes orgânicos de baixa polaridade;
- Contém na molécula: carbono, hidrogênio e oxigênio;
- Ocorre em quase todas as células animais e vegetais.

Classificação

Lipídio simples são compostos que por hidrólise total dão origem somente a ácidos graxos e alcoóis.

Glicerídios – são ésteres de ácidos graxos de alto peso molecular e glicerol. São óleos e gorduras.

Os ácidos graxos mais freqüentes na constituição dos glicerídios dos óleos e gorduras são: palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico.

Ácido palmítico: $C_{15}H_{31}COOH$ - saturado

Ácido esteárico: $C_{17}H_{35}COOH$ - saturado

Ácido Oléico: $C_{17}H_{33}COOH$ - insaturado

Ácido linoléico: $C_{17}H_{31}COOH$ - insaturado

Ácido linolênico: $C_{17}H_{29}COOH$ - insaturado

Óleo – é líquido na temperatura ambiente. Predomina glicerídios de ácidos insaturados.

Gordura – é sólida na temperatura ambiente. Predomina glicerídios de ácidos saturados

Óleos e gorduras

Tipos de Gorduras: animais e vegetais

a) Animais: leite e derivados (ácido oléico, palmítico, esteárico e butírico).

Toicinho e sebo – contém 40% de ácidos saturados e 60% de insaturados. Apresentam de alto ponto de fusão.

b) Vegetais: formada por ácidos insaturados (oléico, linoléico e linolênico).

Ex: óleos ricos em oléico e linoléico: amendoim, girassol, milho, algodão, oliva e babaçu

Óleos ricos em linolênico: soja, germen de trigo, linhaça

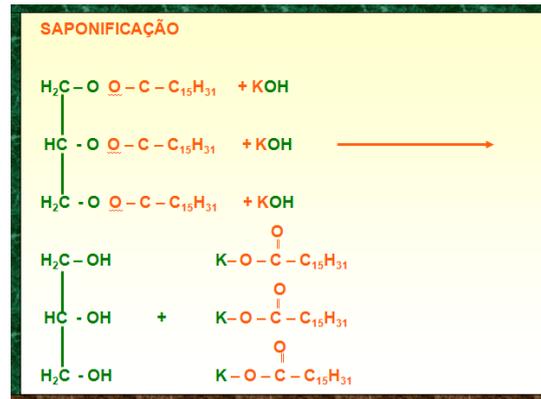
Propriedades dos óleos e gorduras

1. Saponificação

Quando aquecidos em soluções concentradas de álcalis, os lipídios são parcialmente hidrolisados,

sendo separados em duas frações denominadas, fração saponificável e fração insaponificável

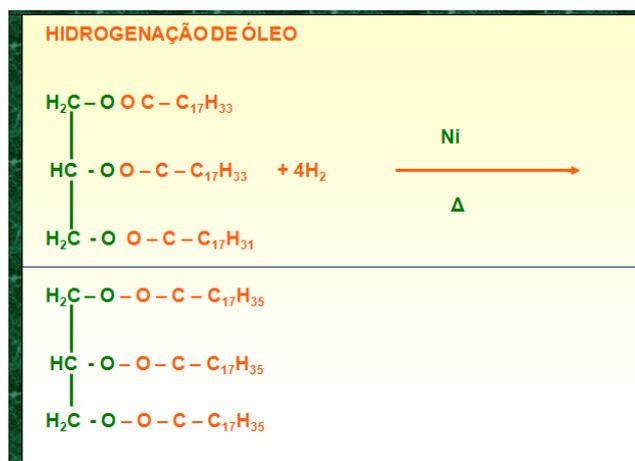
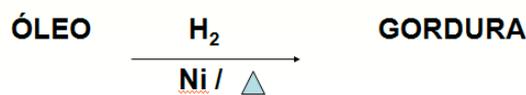
| | | |
|-----------------------|------------------------------------|---|
| Lípidios + KOH | Saponificável (glicerídios) | Glicerol Sais de potássio dos ácidos graxos livres (sabão) |
| | Insaponificáveis | Esteróis Álcoois Pigmentos Hidrocarbonetos Vitaminas lipossolúveis |



2. Hidrogenação do óleo

Hidrogênio em presença de catalizadores adequados como níquel, platina ou paládio a 150°C, transforma os glicerídios insaturados em saturados, tornando-os sólidos, ou seja o óleo se transforma em gordura. O ponto de fusão aumenta com a diminuição do nº de insaturações.

Ex: hidrogenação de óleos vegetais obtém-se Margarina



3. Rancificação

É uma reação de oxidação realizada por vários agentes oxidantes com os ácidos graxos insaturados.

Na tecnologia de alimentos a autooxidação, ou seja a oxidação pelo oxigênio do ar, é a mais importante. É caracterizada inicialmente pelo aparecimento cheiro doce, porém desagradável, até atingir o cheiro de gordura rancificada.

Este cheiro desagradável é causado pela formação de aldeídos e ácidos de baixo peso molecular.

Quanto + insaturado > facilidade para rancificação

Ácidos graxos

Saturados

1. Ácido butírico (ácido n-butanóico)- encontrado na gordura de leite de vários mamíferos. É produzido por fermentação de bactérias sobre açúcares e amido.

2. Ácido caprótico, Ácido caprílico e ácido cáprico – encontrados na gordura do leite, principalmente Ácido Palmítico de cabra e óleo de coco. Insolúvel em água.

3. Ácido Palmítico – encontrado em todas gorduras vegetais e animais em peq. quantidades. Óleo de algodão e dendê – 40% Leite – 27%

4. Ácido esteárico – ocorre em menor quantidade que o palmítico. Encontrado: na gordura das sementes e polpas de frutas, em óleo de animais marinhos e na gordura de leite.

Insaturados

1. Ácido Oléico – é o principal de todas as gorduras naturais. Encontrado na gordura vegetal e animal. No óleo de oliva pode conter até 80%. Insolúvel em água.

2. Linoléico - contém 2 duplas ligações, é o mais importante em óleos e gorduras vegetais

3. Linolênico – é um ácido tri-insaturado que ocorre em gorduras extraídas de sementes, e em pequena quantidade.

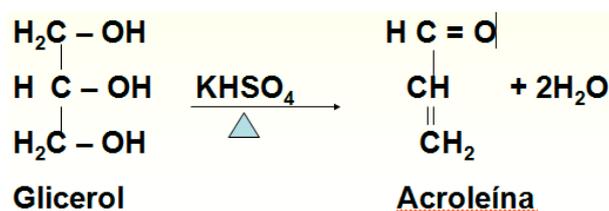
Sua presença em óleos aumenta o poder secante. Óleo de linhaça contém 50%.

Insolúvel em água

Glicerol

É o constituinte comum a todos os óleos e gorduras, solúvel em água e etanol, insolúvel em éter etílico e clorofórmio.

Por aquecimento em presença de catalisadores, o glicerol perde água com formação de Acroleína, composto de cheiro desagradável e ação irritante para os olhos, mucosas e pele.



Ceras

São ésteres de ácidos graxos e mono-hidroxiálcoóis de alto peso molecular. Têm alto ponto de fusão e são mais resistentes à hidrólise do que os glicéridos.

Encontra-se em pequenas quantidades nos animais e vegetais. São insolúveis em água. Forma uma camada protetora em plantas e animais. Ex: cera de carnaúba protege a planta de uma excessiva perda de água.

Lanolina - forma camada protetora das fibras da lã do carneiro

Classificação das Ceras:

A- Ceras verdadeiras – são ésteres de ácidos graxos e álcoóis de cadeia linear e alto peso molecular.

B- Ésteres de álcoóis esteroídicos- são ésteres de ácidos graxos e esteróis como o colesterol, em gorduras animais

Lipídeos Complexos são lipídios que contêm outros grupos na molécula.

Classificação

Fosfolipídios - São ésteres de ácidos graxos que contêm na molécula ácido fosfórico e um composto nitrogenado. Principais: glicerofosfolipídios, esfingolipídios, fosfoinosítídios

Glicerofosfolipídios- são compostos que por hidrólise dão origem a glicerol, ácidos graxos, ácido fosfórico e uma base nitrogenada. Ex: lecitinas (gema do ovo, fígado e óleos vegetais não refinados). Cefalinas (cérebro, fígado e soja)

Fosfolipídeos

- Esfingolipídios- são fosfolipídios que não contêm glicerol na molécula. São amidas. Cérebro e tecidos nervosos.

- Fosfoinosítídios – também não contêm glicerol na molécula. Soja e cérebro

Lipídeos derivados são lipídios insaponificáveis, ou seja na reação das gorduras com álcalis não sofrem transformações. Principais: álcoóis, esteróis, vitaminas, pigmentos e hidrocarbonetos.

Tipos de esteróides

Esteróis – componente principal da fração insaponificável.

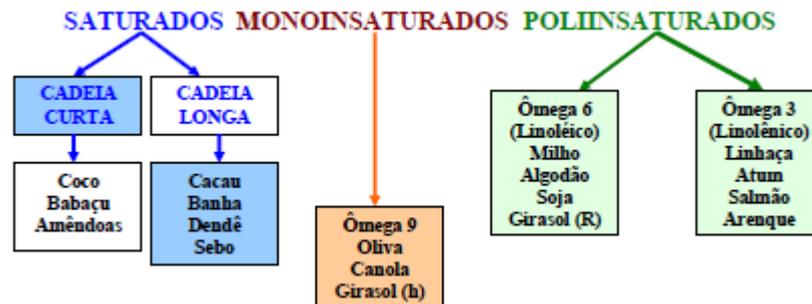
São classificados quanto a origem: zoosteróis (animal); Fitosteróis(vegetal); Micosteróis(microrganismos).

Colesterol – esteroide ausente nos vegetais e largamente distribuído nos animais.

Concentração mais alta: tecido do sistema nervoso, fígado e em gorduras depositadas.

Função: 7-8 desidrocolesterol é precursor da vitamina D3.

2. Sitosterol- vegetal – óleo de milho, soja e gémem de trigo.
3. Estigmasterol – vegetal – soja, milho e coco
4. Campesterol- nos vegetais
5. Ergosterol – micosterol produzido por fungos. Precursor da vitamina D2.



Função

- Reserva de energia (1 g de gordura = 9 kcal) em animais e sementes oleaginosas, sendo a principal forma de armazenamento os triacilgliceróis (triglicerídeos);
- Armazenamento e transporte de combustível metabólico;
- Componente estrutural das membranas biológicas;
- São moléculas que podem funcionar como combustível alternativo à glicose, pois são os compostos bioquímicos mais calóricos em para geração de energia metabólica através da oxidação de ácidos graxos;
- Oferecem isolamento térmico, elétrico e mecânico para proteção de células e órgãos e para todo o organismo (panículo adiposo sob a pele), o qual ajuda a dar a forma estética característica;
- Dão origem a moléculas mensageiras, como hormônios, prostaglandinas, etc.

As gorduras (triacilgliceróis), devido à sua função de substâncias de reserva, são acumuladas principalmente no tecido adiposo, para ocasiões em que há alimentação insuficiente. A reserva sob a forma de gordura é muito favorável à célula por dois motivos:

- primeiro lugar, as gorduras são insolúveis na água e portanto não contribuem para a pressão osmótica dentro da célula,
- e em segundo lugar, as gorduras são ricas em energia; na sua oxidação total são liberados 38,13kJ/g de gordura.

As vitaminas

As vitaminas são substâncias indispensáveis à vida em quantidades bastante reduzidas para manutenção dos processos vitais, sendo chamados de microelementos. Não podem ser sintetizados pelos organismos humanos a partir de simples metabólitos. Elas agem como coenzimas ou como parte de enzimas responsáveis por promover reações químicas essenciais, evitando determinadas doenças ou favorecendo a assimilação de alguns alimentos, bem como são importantes para a conservação de certas estruturas e tecidos.

Em 1912, o químico polonês Casimir Funk criou o termo vitamina para designar os fatores alimentares acessórios necessários à vida, a partir de *vita* (vida) e de *amina*, isto é, amina essencial à vida, referindo-se à vitamina B1. Mais tarde, esse termo foi aplicado a todas as vitaminas, embora somente a vitamina B1 possua esse grupo funcional.

Devido ao fato da existência de muitas vitaminas terem sido reconhecidas antes que sua natureza química fosse identificada, foram designadas por letras ou nomenclaturas descritivas de suas funções. Usualmente, os nomes corretos derivam de suas estruturas químicas, mas a terminologia alfabética, mais familiar, continua sendo amplamente usada.

As vitaminas diferem entre si consideravelmente quanto à estrutura, propriedades químicas e biológicas e atuação no organismo. Para algumas vitaminas, as suas funções bioquímicas ainda não foram esclarecidas com detalhes, embora sejam conhecidos os fenômenos biológicos para os quais elas sejam indispensáveis.

As necessidades vitamínicas de um indivíduo variam de acordo com fatores como idade, clima, atividade que desenvolve e estresse a que é submetido. A quantidade de vitaminas presente nos alimentos também não é constante. Varia de acordo com a estação do ano em que a planta foi cultivada, o tipo de solo ou a forma de cozimento do alimento (a maior parte das vitaminas se altera quando submetida ao calor, à luz, ao passar pela água ou quando na presença de certas substâncias conservantes ou saporíferas).

Devido ao fato de que a maioria das vitaminas não pode ser sintetizada pelo organismo humano, devendo ser assimiladas pela dieta, vários alimentos são enriquecidos para restaurar a quantidade perdida durante o processamento e estocagem, ou para garantir a ingestão da dose mínimadiária necessária, como a adição de ácido fólico a farinha de trigo, por exemplo.

As vitaminas são classificadas em dois grupos, com base em sua solubilidade, o que determina sua estabilidade, ocorrência em alimentos, distribuição nos fluidos corpóreos e sua capacidade de armazenamento nos tecidos.

As vitaminas hidrossolúveis são as que compõem o complexo vitamínico B e a vitamina C, enquanto que as lipossolúveis compreendem as Vitaminas A, D, E e K.

1 Vitaminas hidrossolúveis

A maioria das vitaminas hidrossolúveis é componente de sistemas enzimáticos essenciais, estando envolvidas em reações de manutenção do metabolismo energético. Não são normalmente armazenadas no organismo em quantidades apreciáveis, sendo normalmente excretadas em pequenas quantidades na urina. Por isso, é necessário em suprimento diário, para se evitar a interrupção das funções biológicas normais (KRAUSE, 1998).

Essas vitaminas são solúveis em água, fazendo parte o grupo das vitaminas do complexo B e a vitamina C. Elas são absorvidas pelo intestino e transportadas pelo sistema circulatório até os tecidos em que serão utilizadas. O grau de solubilidade varia de acordo com cada vitamina e influi no caminho que essas substâncias percorrem no organismo (VITAMINAS, 2007).

A Tabela 1 mostra as vitaminas hidrossolúveis e suas funções como componentes de coenzimas específicas.

Tabela 1. Vitaminas hidrossolúveis e suas funções na atividade enzimática.

| Vitamina | Forma de coenzima (ou forma ativa) | Tipo de reação ou de processo catalisado |
|--------------------------------|--|---|
| Tiamina | Tiamina-pirofosfato | Descarboxilação de α -cetoácidos |
| Riboflavina | Flavina-mononucleotídeo, flavina-adenina-dinucleotídeo | Reações de oxido-redução |
| Ácido nicotínico | Nicotinamida-adenina-dinucleotídeo, nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato | Reações de óxido-redução |
| Ácido pantotênico | Coenzima A | Transferência de grupos acila |
| Piridoxina | Piridoxal-Fosfato | Transferência de grupos amino |
| Biotina | Biocitina | Transferência de CO ₂ |
| Ácido fólico | Ácido tetraidrofólico | Transferência de unidades monocarbônicas |
| Vitamina B₁₂ | Desoxiadenosil cobalamina | Troca 1,2 de átomos de hidrogênio |
| Ácido ascórbico | Desconhecida | Cofator em reações de hidroxilação |

FONTE: Lehninger, 1986.

1.1 Vitaminas do Complexo B

As substâncias pertencentes ao grupo das vitaminas do complexo B, embora tenha muitas propriedades biológicas em comum, pertence à classe de compostos químicos muito diferentes. Como algumas vitaminas B não foram ainda isoladas, é mais comum se atribuir certas deficiências apresentadas pelo organismo, não à falta de uma única vitamina na dieta alimentar, mas a todo o complexo B. (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

Sabe-se que a maioria das vitaminas do grupo B representa o grupo prostético das coenzimas na medida em que intervêm em múltiplas reações enzimáticas de degradação ou de síntese, graças às quais os carboidratos, os lipídios, as proteínas e todos os elementos nutritivos ingeridos com os alimentos são transformados e, deste modo, proporcionam a energia indispensável para o trabalho celular, para constituir, eventualmente, reservas energéticas e para aportar os elementos necessários para a manutenção e crescimento das estruturas do organismo. Por outro lado, a sua atividade conhecida como coenzimas faz das vitaminas elementos indispensáveis para as transformações incessantes e as renovações permanentes que condicionam a vida celular (VITAMINAS, 2007).

1.1.1 Tiamina (vitamina B1)

A tiamina é constituída por uma molécula orgânica contendo a pirimidina e o núcleo tiazólico, que funciona no organismo na forma ativa de coenzimapirofosfato de tiamina ou TPP.

Também chamada de aneurina e orizanina, essa vitamina é encontrada abundantemente em alimentos de origem animal e vegetal como tiamina livre e pirofosfato de tiamina, a forma em que atua como coenzima (Figura 1). Por possuir um nitrogênio quaternário, comporta-se como uma base forte e está completamente ionizada no intervalo de pH habitual dos alimentos (ORDÓÑEZ, 2005).

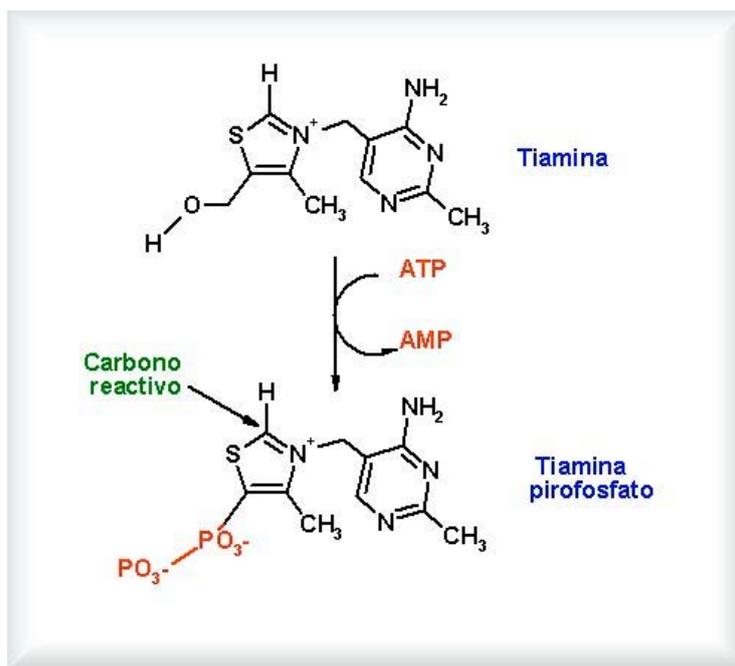


Figura 1 Estruturas da tiamina e tiamina pirofosfato.

Evidências experimentais indicam que a tiamina desempenha importante papel ao nível célula, como por exemplo, na descarboxilação oxidativa de α -cetoácidos no metabolismo energético; na atividade de transcetolase no ciclo das pentoses-P, que resulta na produção de ribose e de NADPH e no envolvimento com as funções das membranas biológicas e com o fenômeno da condução nervosa.

A tiamina é uma das vitaminas mais instáveis. A destruição térmica da tiamina origina odor característico que intervém no desenvolvimento de odores “a carne” nos alimentos cozidos. É perdida também por lixiviação nos processos de cocção e durante a moagem dos cereais. Em carnes, frutas e verduras ocorrem perdas dessa vitamina durante algumas operações tecnológicas e durante o armazenamento. As perdas de tiamina pelo cozimento são altamente variáveis, dependendo do tempo de cozimento, do pH, da temperatura, da quantidade de água usada e descartada e se a água é clorada. O congelamento tem pouco ou nenhum efeito sobre seu conteúdo. A tiaminase, presente em peixes de água doce e mariscos (moluscos) não cozidos destrói, aproximadamente, 50 % da tiamina. O chá também contém um fator anti-tiamina (capazes de destruir ou de tornar a tiamina menos disponível ao organismo animal). A perda de tiamina em alimentos cozidos no forno de microondas é comparável com a de refeições cozidas convencionalmente (KRAUSE, 1998).

A tiamina é encontrada numa grande variedade de alimentos animais e vegetais. A carne de porco magra e germe de trigo são fontes importantes. Todas as carnes de músculo, carnes magras e de aves domésticas, gema de ovo, peixe, leguminosas, pães integrais e enriquecidos e cereais também são excelentes fonte. O leite e os produtos lácteos, as frutas e os vegetais não são ricos em tiamina, porém

seus consumos em quantidades suficientes contribuem significativamente para a ingestão total (KRAUSE, 1998).

A manifestação clinicada deficiência de tiamina é o beribéri que varia sua forma conforme a idade e o tipo envolvido, distinguindo-se vários subtipos. Pacientes com beribéri infantil podem apresentar anomalias cardíacas, afonia e pseudomeningite. Essas anomalias podem se manifestar isoladamente ou em forma combinada. Outros tipos de beribéri adulto que pode se manifestar através de alterações dos nervos periféricos (polineurite) ou afetar o sistema nervoso central (cérebro).

1.1.2 Riboflavina (vitamina B2)

A riboflavina é um composto de fórmula empírica $C_{12}H_{20}N_4O_6$, cuja estrutura é a mostrada na Figura 2. Cristaliza em agulhas amarelas, que fundem a $282^{\circ}C$ com decomposição. Solúvel em água e etanol; pouco solúvel em álcool amílico, acetato de amila, cicloexano e fenol, e insolúvel nos solventes orgânicos. Muito solúvel em soluções alcalinas (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

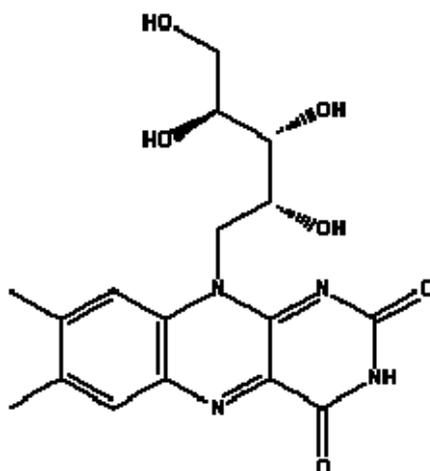


Figura 3 Estrutura da Riboflavina

A vitamina B₂, também denominada riboflavina ou lactoflavina, foi obtida pela primeira vez do leite, sendo identificada e sintetizada em 1935 (LEHNINGER, 1986). Funciona como um componente das coenzimas *flavina adenina dinucleotídeo (FAD)* e *flavina adenina mononucleotídeo (FMN)*. FAD, a forma predominante, é um componente essencial de produção de energia através da cadeia respiratória. O FMN e o FAD facilitam o desdobramento enzimático dos nutrientes liberadores de energia, tais como os ácidos graxos, aminoácidos e ácido pirúvico.

É um importante cofator de reações enzimáticas e sua deficiência causa doenças que se manifestam por inflamação da língua e da boca. Em casos mais graves gera perturbações do aparelho digestivo (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A vitamina B₂ participa nos processos de respiração celular, desintoxicação hepática, desenvolvimento do embrião e manutenção da envoltura dos nervos. Também ajuda no crescimento e na reprodução, e melhora o estado da pele, das unhas e do cabelo (VITAMINAS NOSSAS ALIADAS, 2007).

É razoavelmente resistente à influência do oxigênio do ar. Em meio ácido, resiste ao aquecimento, enquanto que em meio neutro ou alcalino as perdas são apreciáveis. A luz visível e, sobretudo a luz ultravioleta, a destroem. Por isso, leite exposto à luz solar perde 60 % de seu teor em riboflavina, fato amenizado pelo uso de embalagens opacas. A pasteurização destrói apenas quantidades pequenas de riboflavina.

A riboflavina em pequenas quantidades é largamente distribuída nos alimentos. As melhores fontes são o leite (fresco, enlatado ou em pó), queijos tipo cheddar e ricota. As carnes orgânicas contêm quantidades apreciáveis e carnes magras, ovos e vegetais de folhas verdes são fontes importante. Alguma riboflavina é sintetizada pelos microrganismos intestinais, mas não em quantidades apreciáveis (KRAUSE, 1998).

As deficiências de riboflavina, quando ocorrem, estão geralmente em combinação com deficiência de outras vitaminas hidrossolúveis. O seu consumo deve ser baixo por vários meses para que os sinais de deficiência se desenvolvam. Os sintomas de deficiência incluem fotofobia, lacrimação, queimadura e coceira dos olhos, perda de acuidade visual e queimadura dos lábios, boca e língua (KRAUSE, 1998).

1.1.3 Niacina (Vitamina B3)

O ácido nicotínico e sua amida (Figura 3) são geralmente chamados de niacina. A nicotinamida em forma de nicotinamida-adenina dinucleotídeo (NAD⁺) ou NAD-fosfato (NADP) é a coenzima das desidrogenases (ORDÓÑEZ, 2005).



Figura 3 Estrutura do ácido nicotínico e da nicotinamida respectivamente.

O ácido nicotínico cristaliza em agulhas com ponto de fusão 235,5 – 236,5°C, que sublimam sem decomposição. É pouco solúvel em água a frio, mas bastante solúvel a quente, em etanol (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

É um material cristalino esbranquiçado. Quando seco, é muito mais estável que a tiamina e a riboflavina e é notavelmente resistente ao calor, à luz, ao ar, a ácidos e a álcalis, embora pequenas quantidades possam ser perdidas na água desprezada do cozimento. É facilmente convertida na forma ativa de nicotinamida e freqüentemente administrada terapeuticamente naquela forma para evitar o efeito vasodilatador do ácido nicotínico (KRAUSE, 1998).

A niacina, mas não a nicotinamida, em doses farmacológicas de 3g/dia ou mais, abaixa o colesterol sérico em algumas pessoas. Entretanto, este uso deve ser considerado apenas se a dieta e o ácido biliar, separadamente, provaram-se ineficientes. Os efeitos colaterais incluem rubor como um resultado de dilatação vascular e potencial toxicidade hepática (KRAUSE, 1998).

As coenzimas NAD e NADP (NADH e NADPH em suas formas reduzidas, das quais a nicotinamida é um componente) estão presentes em todas as células. São essenciais nas reações de oxidação-redução envolvidas na liberação de energia por carboidratos, gorduras e proteínas, onde eles servem como aceptores de hidrogênio capazes de receber e liberar átomos de hidrogênio à medida que são removidos pelas enzimas desidrogenases. A NAD também é usada na síntese de glicogênio (KRAUSE, 1998).

As perdas dessa vitamina durante os processos tecnológicos são mínimas: mesmo autoclavagem durante 5 horas não as prejudicam. Ocorrem pequenas perdas durante a moagem, trituração e por lixiviação. Porém, se destroem rapidamente quando exposta à luz.

Uma ingestão dietética de 60 mg de triptofano fornece 1,0 mg de niacina. Carnes magras, carnes de aves domésticas, peixes e amendoins são fontes ricas em ambos. As carnes orgânicas, levedo de cerveja, amendoins e pastas de amendoins são as fontes mais ricas de niacina. Os vegetais e as frutas são fontes pobres. O leite e os ovos contêm pequenas quantidades de niacina, mas são excelentes fontes de triptofano. Em uma menor quantidade, feijões, ervilhas, outras leguminosas, a maioria das nozes e todos os grãos ou cereais enriquecidos contêm niacina e triptofano (KRAUSE, 1998).

Os sintomas de deficiência nos estágios iniciais geram fraqueza muscular, anorexia, indigestão e erupções cutâneas. Uma deficiência mais grave leva à pelagra, que é caracterizada por dermatite, demência e diarreia, os chamados 3 D's da pelagra, tremores e língua dolorida (“língua de boi”) (KRAUSE, 1998).

1.1.4 Ácido Pantotênico (Vitamina B5)

É um ácido orgânico opticamente ativo e sua atividade biológica é característica apenas do

isômero D. Sua ação vitamínica no organismo resulta de sua incorporação na coenzima A.

É um composto cristalino branco que tem sabor amargo, mais estável em solução que em forma seca, e é facilmente decomposto por ácido, álcalis e calor seco. É hidrossolúvel e estável em calor úmido em solução neutra.

A principal função do ácido pantotênico, através da coenzima A (CoA-SH) é na ativação dos ácidos graxos pela formação de um tioéster entre o seu grupo sulfidrilo e o grupo carboxílico dos ácidos graxos. A acetil coenzima A, (Figura 4) também está envolvida na síntese de ácidos graxos, colesterol, esteróides, hemoglobina e na acetilação da colina (NUTRIENTES ESSENCIAIS, 2007; KRAUSE, 1998).

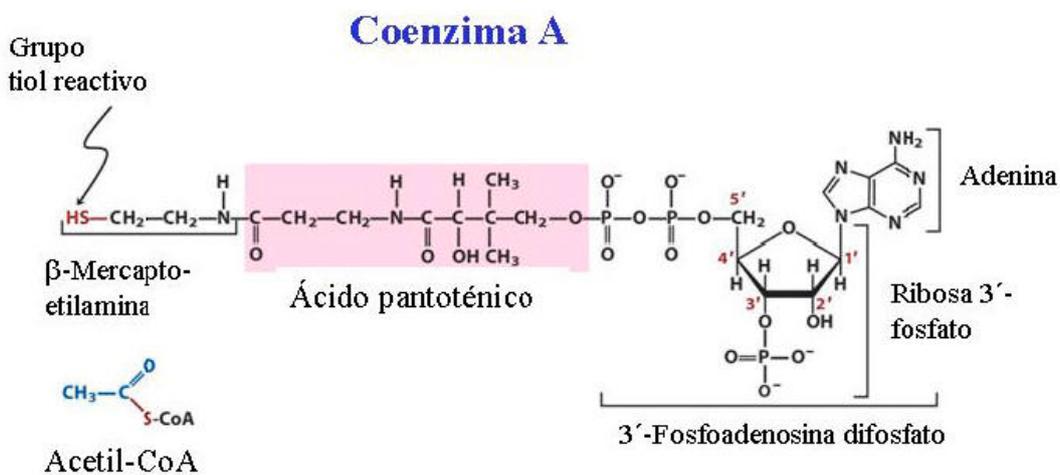


Figura 4 Estrutura da coenzima A

As suas melhores fontes incluem gema de ovo, rim, fígado e leveduras. Brócolis, carne bovina magra, leite desnatado, batatas doce e melão também são fontes dessa vitamina.

Por ser muito disseminada em alimentos, deficiência de ácido pantotênico em humanos não tem ocorrido na prática.

1.1.5 Piridoxina (Vitamina B₆)

O grupo da vitamina B₆ (Figura 5) consiste de três compostos intimamente relacionados: piridoxina, piridoxal e piridoxamina, os quais são biologicamente, facilmente interconvertíveis. A forma ativa da vitamina B₆ é o piridoxal-fosfato, ocorrendo também sua forma amínica, a piridoxamina-fosfato (LEHNINGER, 1986).

No reino vegetal predomina o piridoxal e no reino animal os ésteres fosfóricos da piridoxamina e

principalmente o piridoxal.

A piridoxina, conforme Sauberlich (1987) citado por Krause (1998), é um composto branco, cristalino e inodoro é solúvel em água e álcool. É estável ao calor em um meio ácido, relativamente instável em soluções alcalinas, e muito instável à luz. As perdas durante o congelamento variam de 36 a 55%.

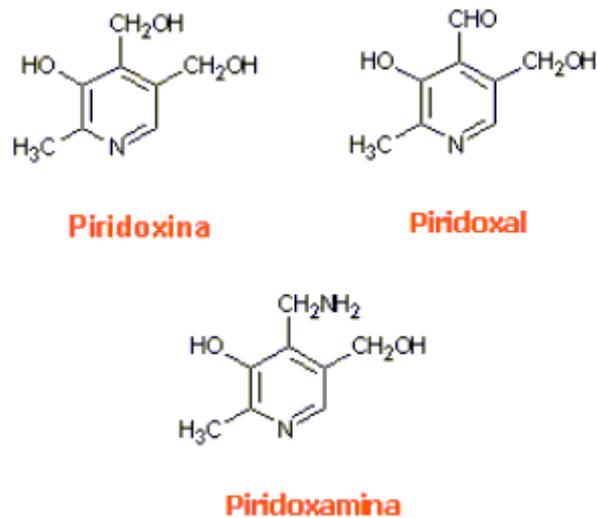


Figura 5 Estruturas do grupo da vitamina B₆.

Essas coenzimas são muito importantes no metabolismo, particularmente dos aminoácidos, agindo como coenzimas nas transaminações e descarboxilases. Além dessas reações, que são comuns a todos os aminoácidos, existem pelo menos outras vinte reações específicas de aminoácidos envolvendo o fosfato de piridoxal como coenzima. A vitamina B₆ é essencial para o metabolismo do triptofano e sua conversão à niacina.

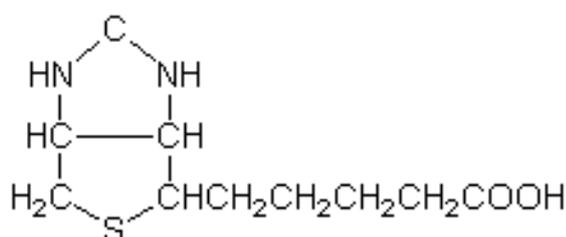
Durante o enlatamento de hortaliças, tem-se detectado perdas de até 80 %, enquanto que o congelamento favorece perdas de 60 %. Em produtos enlatados de carne, se perde ao redor de 45 %, enquanto que em sucos de frutas as perdas giram em torno de 15 %. Ela se destrói facilmente por manipulação industrial.

As melhores fontes de piridoxina são levedo, germe de trigo, carne de porco, vísceras (principalmente fígado), cereais integrais, leguminosas, batatas, banana e aveia. Leite, ovos, vegetais e frutas contêm pequenas quantidades.

Os sintomas de deficiência são principalmente dermatites e convulsões semelhantes aos ataques epiléticos, indicando que sua falta causa um profundo distúrbio no sistema nervoso central. Também podem ocorrer outros sintomas, como atraso no crescimento, anemia, formação deficientes de anticorpos, bem como lesões hepáticas e renais.

1.1.6 Biotina

A biotina (Figura 6) é um ativo ácido orgânico, constituído por dois núcleos pentagonais unidos, formados a partir de uréia e anilo de tiofeno. É um composto nitrogenado, cuja função é a formação de gorduras e utilização do CO₂. É um sólido, obtido cristalizado na forma de agulhas incolores com ponto de fusão entre 230 – 232°C. É solúvel em água a quente, pouco solúvel em etanol, clorofórmio e éter de petróleo. Estável em presença de ácidos e álcalis à temperatura ambiente, sendo a estabilidade maior no intervalo de pH entre 5 e 8; é estável à ação da luz e do ar. A temperatura mais alta e em presença de agentes oxidantes, ela é destruída pela oxidação do enxofre do anel (BOBBIO & BOBBIO, 1995).



Biotina

Figura 6 Estrutura da biotina

A biotina, associada à enzima com a qual funciona como coenzima, atua como carregadora de CO₂ em reação de carboxilação de ácidos graxos. Também está envolvida na gliconeogênese, na degradação de alguns aminoácidos e na síntese de purinas. Está intimamente relacionada metabolicamente ao ácido fólico, ao ácido pantotênico e à vitamina B₁₂.

Nos seres humanos, a biotina é um cofator para a carboxilação enzimática de quatro compostos: piruvato, acetil-CoA, propionil-CoA e β-metilcrotonil-CoA. Portanto, tem um papel importante no metabolismo tanto de carboidratos como de lipídios. A fixação a CO₂ ocorre em uma reação de duas etapas: a primeira compreende a união do CO₂ a metade da biotina da holoenzima, e o segundo, a transferência do CO₂ unido a biotina à um acceptor apropriado (VITAMINA B₈...,2007).

As carboxilases que requerem biotina para sua ação são fortemente inibidas pela avidina, proteína básica presente na clara de ovo.

Ocorre em todos os alimentos de origem animal, seja em estado livre ou ligado a complexos macromoleculares. As fontes mais importantes são fígado, leite, carne e gema de ovo. Também encontrada no leite materno, peixes, nozes, farinha de aveia, carnes, vegetais, frutas e leite de vaca.

Os sintomas de deficiência em adultos incluem uma dermatite seca, escamosa; palidez; náuseas; alopecia; vômitos e anorexia. Em bebês abaixo de seis meses de idade, os sintomas são dermatite

seborréica e alopecia.

1.1.7 Ácido Fólico

O ácido fólico, também conhecido como folacina e ácido pteroilglutâmico, é uma substância cristalina amarela, que pertence a um grupo de compostos conhecidos como piterinas (encontrado no pigmento de asas de borboletas) (KRAUSE, 1998).

O ácido fólico precipita em cristais amarelos, sem ponto de fusão definido, que carbonizam a 250°C; é pouco solúvel em água fria, mas solúvel em água a 100°C, acetato de etila e ácido acético glacial; insolúvel em benzeno e éter de petróleo. O seu sal de sódio é bastante solúvel em água fria. É instável em soluções ácidas, especialmente a altas temperaturas; é sensível à ação da luz e do calor. No entanto, o mecanismo da perda de ácido fólico em alimentos não é conhecido (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

O folato é encontrado em 150 formas diferentes, e a maioria está presente nos alimentos em formas reduzidas e lábeis e facilmente oxidáveis. As perdas de ácido fólico durante o processamento e armazenamento podem atingir 100 %.

O ácido fólico não tem atividade coenzimática por si próprio, entretanto ele é reduzido enzimaticamente nos tecidos a ácido tetraidrofólico (FH₄) (Figura 7), que é a forma coenzimaticamente ativa (LEHNINGER, 1986).

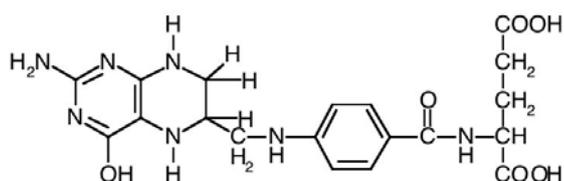


Figura 7 Estrutura do ácido tetraidrofólico

O ácido tetraidrofólico é um carreador para os grupos formil, hidroximetil ou metil de carbono simples. Ele desempenha um papel importante na síntese das purinas guanina e adenina e da pirimidina timina (Figura 8), compostos utilizados na formação de ácido desoxirribonucléico (DNA) e ácido ribonucléico (RNA) das nucleoproteínas, as quais são essenciais para a divisão celular (KRAUSE, 1998).

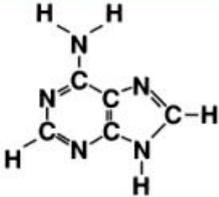
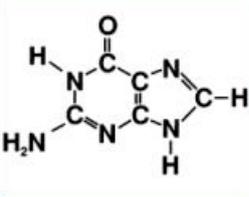
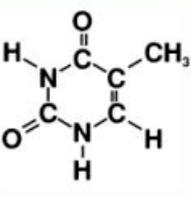
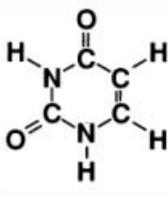
| Base | Adenina (A) | Guanina (G) | Timimina (T) | Citosina (C) |
|-------------------------------|---|---|--|---|
| Purina/ Pirimidina | Purina | Purina | Pirimidina | Pirimidina |
| Estrutura Química |  |  |  |  |
| Representação Simplificada |  |  |  |  |

Figura 8 Bases púricas e pirimídicas

São essenciais na divisão celular e transmissão dos traços hereditários, e na formação e maturação dos eritrócitos e leucócitos.

A deficiência de ácido fólico na dieta humana é muito comum, não só entre as populações pobres e mal nutridas, como também na população em geral. O resultado é a anemia megaloblástica, que se caracteriza por uma alteração da morfologia e do funcionamento do núcleo das células de vários tecidos, como das células sanguíneas, da medula óssea e dos tecidos epiteliais do estômago, do intestino delgado, da vagina e do útero. Os eritrócitos adultos aparecem em menor número e de maior tamanho. Em casos severos, interfere na ação farmacológica de drogas anticonvulsivas.

O folato é amplamente encontrado nos alimentos, geralmente na forma de poliglutamato, e um suprimento adequado é facilmente obtido. As melhores fontes são fígado, feijão comum, feijões lima e vegetais frescos de folhas verde-escuras, especialmente espinafre, aspargo e brócolis.

1.1.8 Cianocobalamina (Vitamina B₁₂)

A vitamina B₁₂ (Figura 9) é uma substância de cristais vermelhos, devido à presença de cobalto em sua molécula. A denominação cianocobalamina se deve à existência de um grupo cianídrico (CN) ligado ao átomo de cobalto.

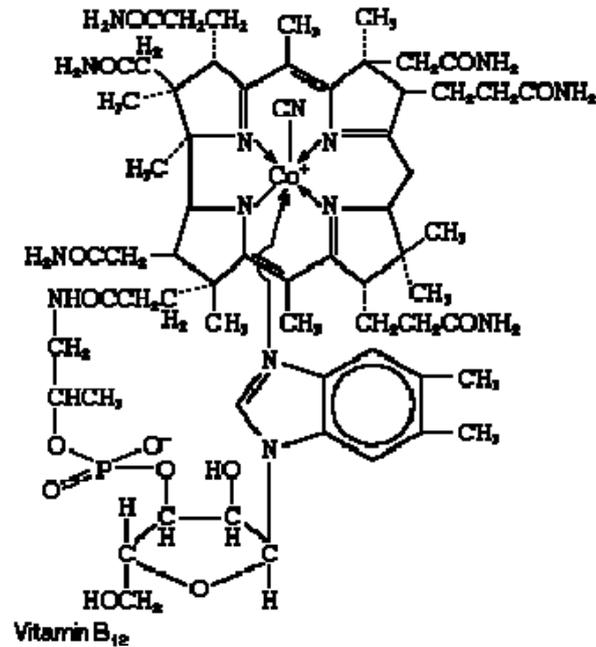


Figura 9 Cianocobalamina

É vagarosamente destruída por ácido diluído, álcalis, luz e agentes oxidantes ou redutores. Aproximadamente 70 % da atividade da vitamina é retida durante o cozimento.

Encontra-se em alimentos de origem animal, sobretudo nas vísceras vermelhas, e é praticamente ausente nas plantas superiores. Essa vitamina pode ser sintetizada pelos microrganismos (ORDÓÑEZ, 2005). É a mais complexa das vitaminas (LEHNINGER, 1986).

A cobalamina é essencial para o funcionamento normal do metabolismo de todas as células, especialmente para aquelas do trato gastrointestinal, medula óssea e tecido nervoso. Com o ácido fólico, colina e metionina participam na transferência dos grupos metil na síntese dos ácidos nucleicos, purinas e intermediários da pirimidina. É necessária para a remoção de um grupo metil do metilfolato e para a geração do tetra-hidrofolato necessário para a síntese do DNA. Afeta a formação de mielina. Parece ser o fator mais importante para a formação das células vermelhas do sangue e foi isolada pela primeira vez de fígado e mais tarde foi observado que essa vitamina era produzida em grandes quantidades pelo *Streptomyces griseus*, que é a atual fonte de vitamina B₁₂ para uso farmacêutico (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

Atuam no metabolismo celular, na liberação de energia dos glicídios, lipídios, proteínas e na síntese de ácidos graxos, esteróides e hormônios esteróides e crescimento.

A vitamina B₁₂ procedente da dieta precisa de um mecanismo complicado para a sua absorção. Deve unir-se a uma proteína segregada pelo estômago (factor intrínseco) que permite a sua absorção no intestino. Por causas genéticas, algumas pessoas podem ter problemas para produzir este factor intrínseco

e padecer por isto de sintomas de deficiência. O consumo de álcool faz aumentar as necessidades desta vitamina (Vitaminas nossas..., 2007).

As enzimas que usam a coenzima B₁₂ têm como denominador comum a habilidade de mudar um átomo de hidrogênio de um átomo de carbono para outro adjacente, trocando-o ao mesmo tempo, por um grupo alquila, carboxila, hidroxila ou amino. A metilcobalamina, outra forma coenzimática da vitamina B₁₂, participa de algumas reações enzimáticas envolvendo a transferência de grupos metila (LEHNINGER, 1986).

A deficiência de vitamina B₁₂ causa a chamada anemia perniciosa, que se caracteriza por apresentar alterações do tamanho e forma dos núcleos das células (anemia megaloblástica), causando profundas alterações do sistema nervoso, que se caracteriza por uma desmielinização dos nervos. Ocorrem também alguns distúrbios no trato gastrointestinal.

Não se destrói de forma apreciável pela cocção, a menos que a ebulição se realiza em soluções alcalinas.

A cianocobalamina está presente em alimentos com proteína animal, sendo as fontes mais ricas leite, ovos, peixes, queijos, carnes de músculo. Na pasteurização ou evaporação do leite, podem ser perdidos até 90 % dessa vitamina. Os alimentos vegetais contêm cobalamina somente através da contaminação ou síntese bacteriana, não sendo é absorvida nos humanos (KRAUSE, 1998).

1.2 Vitamina C (Ácido Ascórbico)

Plantas e animais produzem ácido ascórbico em seus organismos a partir da glicose, com exceção as cobaias e os primatas, incluindo a espécie humana. Apenas para estes últimos o ácido ascórbico é considerado vitamina.

Tem como forma principal o ácido L-ascórbico, um poderoso agente redutor e que aparentemente funciona numa variedade de reações de hidroxilação, formado por seis carbonos, estruturalmente relacionado com a glicose e outras hexoses. A denominação de ácido ascórbico foi atribuída à vitamina C por sua função na prevenção do escorbuto. O termo vitamina C deve ser utilizado como descrição genérica para todos os compostos que exibem atividade biológica qualitativa do ácido ascórbico (VALIN, 2003).

O ácido ascórbico é um material branco cristalino, hidrossolúvel, que é estável na forma seca. É facilmente oxidável em solução, essencialmente sob exposição ao calor. A oxidação pode ser acelerada pela presença de cobre, ferro ou por pH alcalino (KRAUSE, 1998).

O ácido L-desidroascórbico tem a mesma atividade biológica da vitamina C, mas é destruído muito mais facilmente. A principal causa da degradação da vitamina C é a oxidação, aeróbica ou

anaeróbica, ambas levando à formação de pigmentos escuros. É também rapidamente destruída pela ação da luz (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

Na presença de oxigênio, o ácido ascórbico é oxidado e transformado de forma reversível em ácido deidroascórbico; posteriormente em presença de água, este passa a ácido 2,3-dicetogulônico, com conseqüente perda da atividade vitamínica. Essa transformação varia conforme as condições do meio, sendo os fatores de maior influência a pressão parcial de oxigênio, o pH, a temperatura e a presença de íons metálicos, como Cu^{2+} e Fe^{3+} (ORDÓÑEZ, 2005).

O ácido ascórbico parece agir como cofator na hidroxilação da enzimática de resíduos de prolina do colágeno dos tecidos conjuntivos de vertebrados, formando resíduos de 4-hidroxiprolina. Os resíduos de prolina são encontrados apenas no colágeno e em nenhuma outra proteína animal (LEHNINGER, 1986).

A vitamina C é essencial para a oxidação de fenilalanina e tirosina, para conversão de folacina a ácido tetraidrofólico, para a conversão de triptofano a 5-hidroxitriptofano e para o neurotransmissor serotonina e para a formação de noradrenalina a partir de dopamina. Também reduz o íon férrico a íon ferroso no trato intestinal para facilitar a absorção e está envolvida na transferência de ferro da transferrina plasmática para ferritina hepática (KRAUSE, 1998).

Ausência de ácido ascórbico na dieta causa o escorbuto, doença que se caracteriza por alterações patológicas nos dentes, gengivas e nos tecidos conjuntivos em geral. É ainda indicada para acelerar os processos de cicatrização, o que pode estar relacionado com o seu papel na formação dos tecidos conectivos, na cura e prevenção da anemia ferropriva, o que poderia ser explicado pela sua ação redutora sobre o ferro e que facilita a sua absorção e o seu transporte, atuando na cura e prevenção dos resfriados, não tendo nenhuma explicação fisiológica ou bioquímica. Também poderá desempenhar outra função importante no organismo, como antioxidante biológico.

O ácido ascórbico é facilmente destruído por oxidação, particularmente na presença de calor e alcalinidade, sendo geralmente descartada na água de cozimento. Embora encontrada em pequenas quantidades nos tecidos animais, é usualmente destruída pela exposição ao ar ou pelo processamento, antes que chegue à mesa. Portanto, as melhores fontes são frutas e vegetais, preferivelmente as acídicas, frescas e quando necessárias rapidamente cozidas em pouca água e servidas imediatamente. O bicarbonato de sódio, adicionado para preservar e melhorar a coloração dos vegetais cozidos é altamente destrutivo para a vitamina C. O ácido ascórbico é amplamente encontrado em frutas cítricas, vegetais folhosos crus e tomates, morangos, cantalupo, repolho e pimentões verdes. Quando corretamente preparadas, as batatas são também uma boa fonte, devido à quantidade ingerida (KRAUSE, 1998).

Para se reter um máximo de ácido ascórbico, as frutas congeladas devem ser utilizadas logo após o degelo e vegetais congelados devem ser mergulhados diretamente na água fervente para cozimento

imediatos.

2 Vitaminas Lipossolúveis

Essas substâncias são solúveis em solventes orgânicos, em gordura e não são solúveis em água, portanto para irem ao tecido alvo necessitam de moléculas transportadoras como o colesterol para atravessarem o plasma sanguíneo. As vitaminas lipossolúveis se ligam à uma lipoproteína, os quilomícrons, que atravessam a circulação linfática para entrarem no sangue e atingirem seus respectivos tecidos de depósito (VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS, 2007).

Todas podem ser armazenadas no fígado e em consequência a manifestação de deficiências tende a ser mais lenta que o grupo das hidrossolúveis.

Cada uma das vitaminas lipossolúveis, A, D, E e K, tem um papel fisiológico separado e distinto. Na maior parte, são absorvidos com outros lipídeos, e uma absorção eficiente requer a presença de bile e suco pancreático. São transportadas para o fígado através da linfa como uma parte de lipoproteínas e são estocadas em vários tecidos corpóreos, embora não todas no mesmo tecido, nem na mesma extensão. Normalmente não são excretadas na urina (KRAUSE, 1989).

As quatro vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) são formadas, biologicamente, de unidades do hidrocarboneto de 5 átomos de carbono chamado *isopreno* ou *2-metilbutadieno* (Figura 10), uma unidade fundamental existente em muitas substâncias de origem vegetal, de aspecto oleoso, semelhante a graxas ou a borracha. A função bioquímica específica de cada uma das vitaminas lipossolúveis é, ainda, obscura; entretanto, muitos progressos têm sido realizados para sua elucidação (LEHNINGER, 1986). A Tabela 2 mostra as vitaminas lipossolúveis e suas funções como componentes de coenzimas específicas.

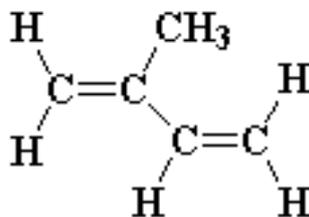


Figura 10 Estrutura da molécula de isopreno

Tabela 2. Vitaminas lipossolúveis e suas funções na atividade enzimática.

| Vitamina | Forma coenzímica (ou forma ativa) | Tipo de reação ou de processo catalisado |
|-----------------|--|---|
| Vitamina A | Retinol | Ciclo visual |
| Vitamina D | 1,25-Diidroxicolecalciferol | Regulação do metabolismo do cálcio |
| Vitamina E | Desconhecida | Proteção dos lipídios de membrana |
| Vitamina K | Desconhecida | Cofator em reações de carboxilação |

FONTE: Lehninger, A. L. 1986.

2.1 Vitamina A

A vitamina A foi reconhecida pela primeira vez como um fator nutricional essencial por Ekmer McCollum em 1915 e, mais tarde, isolada do óleo de fígado de peixe. Existem duas formas naturais: vitamina A₁, ou retinol (Figura 11), obtido do fígado de peixes marinhos, e a vitamina A₂, obtida do fígado de peixes de água doce. Ambos são alcoóis formados por unidades de isopreno. (LEHNINGER, 1986)

Vitamina A é o termo genérico usado para descrever todos os retinóides que têm atividade biológica de transretinol. Foi chamada de retinol em referência à sua função específica na retina do olho. As formas metabolicamente ativas da vitamina incluem os correspondentes aldeídos (*retinal*) e ácido (*ácido retinóico*). (KRAUSE, 1989)

A vitamina A é encontrada na natureza na forma livre ou de ésteres, somente em animais. Nos vegetais são encontradas as pró-vitaminas A, que são substâncias carotenóides, principalmente as α -, β - e γ - caroteno. Foi isolada pela primeira vez como um óleo amarelo, viscoso, sendo mais tarde obtida na forma de um sólido cristalino de ponto de fusão 63-64°C. É facilmente destruída pelo oxigênio, e na ausência deste e a temperaturas elevadas pode haver isomerização (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

Os carotenóides apresentam a estrutura de hidrocarbonetos, sendo, por isso, substâncias lipossolúveis que acompanham naturalmente outras substâncias lipídicas. O β -caroteno (Figura 12) está unido a proteínas tanto em tecidos naturais como em alimentos. (ORDÓÑEZ, 2005) De várias centenas de carotenóides que ocorrem naturalmente, apenas 50 têm atividade biológica significativa (KRAUSE, 1989).

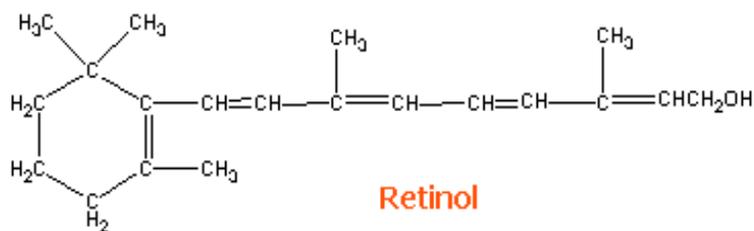


Figura 11 Estrutura da molécula de retinol

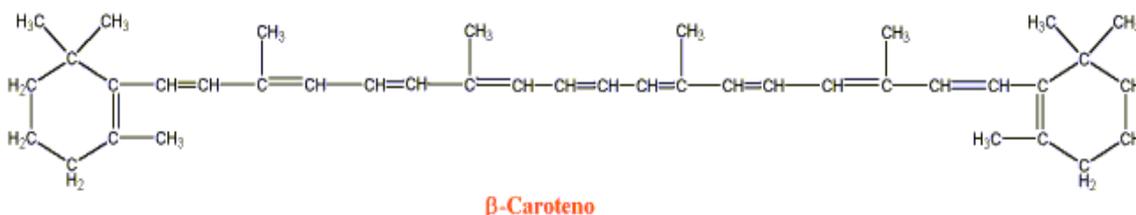


Figura 12 Estrutura da molécula de β-caroteno

O fígado possui todas as enzimas necessárias para a metabolização dos carotenos e dos componentes da vitamina A. O fígado é também órgão de reserva da vitamina A, normalmente na forma de retinil-éster.

A vitamina A desempenha papel essencial na visão, crescimento, desenvolvimento do osso, no desenvolvimento e manutenção do tecido epitelial, no processo imunológico e na reprodução normal.

É um componente dos pigmentos visuais, sendo essencial para a integridade da fotorrecepção nos cones e bastonetes da retina. É necessária também para o crescimento e desenvolvimento do esqueleto e das partes moles, pois atua sobre a síntese protéica e a diferenciação de células ósseas. A vitamina A também desempenha um papel na manutenção das estruturas epiteliais normais, pois atua na diferenciação das células basais em células epiteliais normais.

A vitamina A ocorre nos vegetais pigmentados na forma de carotenos, principalmente na cenoura, mandioquinha, nas folhas verdes em geral e em alguns frutos. As vísceras dos animais são particularmente ricas.

A carência de vitamina A é a maior causa de mortalidade infantil em países em desenvolvimento. É acompanhado pela ceratinização das membranas mucosas que revestem o trato respiratório, o canal alimentar e o trato urinário, e pela ceratinização da pele e do epitélio dos olhos. Uma deficiência prolongada pode produzir alterações na pele, cegueira noturna e ulcerações na córnea. Outros sintomas de deficiência são perda de apetite, inibição do crescimento, anormalidades ósseas, ceratinização das papilas gustativas e perda do paladar. Essas deficiências podem ser resultado de dietas inadequadas, mas também podem resultar de doenças hepáticas, desnutrição protéico-energética, abetalipoproteinemia ou má

absorção, devido à insuficiência de ácidos biliares.

Os alimentos desidratados são mais susceptíveis a perdas de vitamina A, bem como de provitamina A durante o armazenamento, devido a sua facilidade com que ocorrem os processos oxidativos. A oxidação da vitamina A ocasiona perda total de sua ação vitamínica.

2.2 Vitamina D

Vitamina D é o nome que foi aplicado a duas substâncias lipossolúveis, calciferol e ergocalciferol, que possuem, em comum, a capacidade de prevenir ou curar o raquitismo. De acordo com Bobbio & Bobbio (1992), essa vitamina é um sólido cristalino, opticamente ativo com ponto de fusão entre 115-117°C e sublima em alto vácuo sem decomposição.

Os compostos que apresentam maior atividade em vitamina D são o ergocalciferol e o colecalciferol. O ergocalciferol é produzido a partir do ergosterol e o colecalciferol é produzido a partir do 7-deidrocolesterol pela ação dos raios ultravioletas e ambos requerem conversão nos rins para a forma metabolicamente ativa. Essa vitamina é considerada um pró-hormônio, sendo convertido no organismo em pelo menos um hormônio ativo, que desempenha funções fisiológicas conhecidas da vitamina D.

A vitamina D é fundamental para a absorção do cálcio e do fósforo. Forma-se na pele com a ação dos raios ultravioletas em quantidades suficientes para suprir as necessidades diárias. A fotobiogênese e as vias metabólicas para a produção de vitamina D são mostradas na Figura 13 (PSICOBIOLOGIA NET, 2007).

Foi observado que o ergosterol, quando irradiado com luz ultravioleta, dava origem a um composto ativo com propriedades anti-raquíticas, que foi denominado calciferol ou vitamina D₁. Posteriormente foi demonstrado que a chamada vitamina D₁ não era um composto puro, mas uma mistura na proporção 1:1 de vitamina D₁ e um composto intermediário, o *lumisterol*. (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Os seres humanos podem obter uma forma precursora (inativa) de vitamina D dos alimentos, e também, da reação fotossintética que ocorre quando o 7-deidrocolesterol das células da pele se expõe a luz ultravioleta. Este precursor inativo vai para o fígado onde se converte em 25-hidroxivitamina D₃. Por sua vez os rins convertem essa forma intermediária da vitamina a 1,25-dihidroxivitamina D₃, um hormônio que não só controla o metabolismo do cálcio aumentando a absorção do cálcio intestinal e a mobilização do cálcio ósseo, como também tem muitos outros efeitos em todo o organismo (VÍNCULO DE LA VITAMINA D..., 2007).

A vitamina D tem papéis na imunidade, reprodução, secreção de insulina e diferenciação dos ceratócitos. Também estimula o sistema de transporte ativo de fosfato no intestino. Em conjunto com o

paratormônio, mobiliza cálcio dos ossos e aumenta a reabsorção tubular renal de cálcio e de fósforo (KRAUSE, 1998).

As fontes mais importantes de vitamina D são óleos de peixes, sobretudo óleos de seus fígados. A vitamina e a pró-vitamina D₃ são encontradas também em gemas de ovo, leite e fígado bovino, em moluscos e gorduras animais. A vitamina D₂ é sintetizada na pele, a partir dos raios ultravioletas do sol que ativam o ergosterol, transformando-o em colecalciferol.

A deficiência de vitamina D se manifesta como raquitismo em crianças e como osteomalácia em adultos. A falta da vitamina em adultos pode também contribuir para o desenvolvimento da osteoporose. É estável ao calor, envelhecimento e armazenamento, embora seja destruída pelo excesso de radiação ultravioleta.

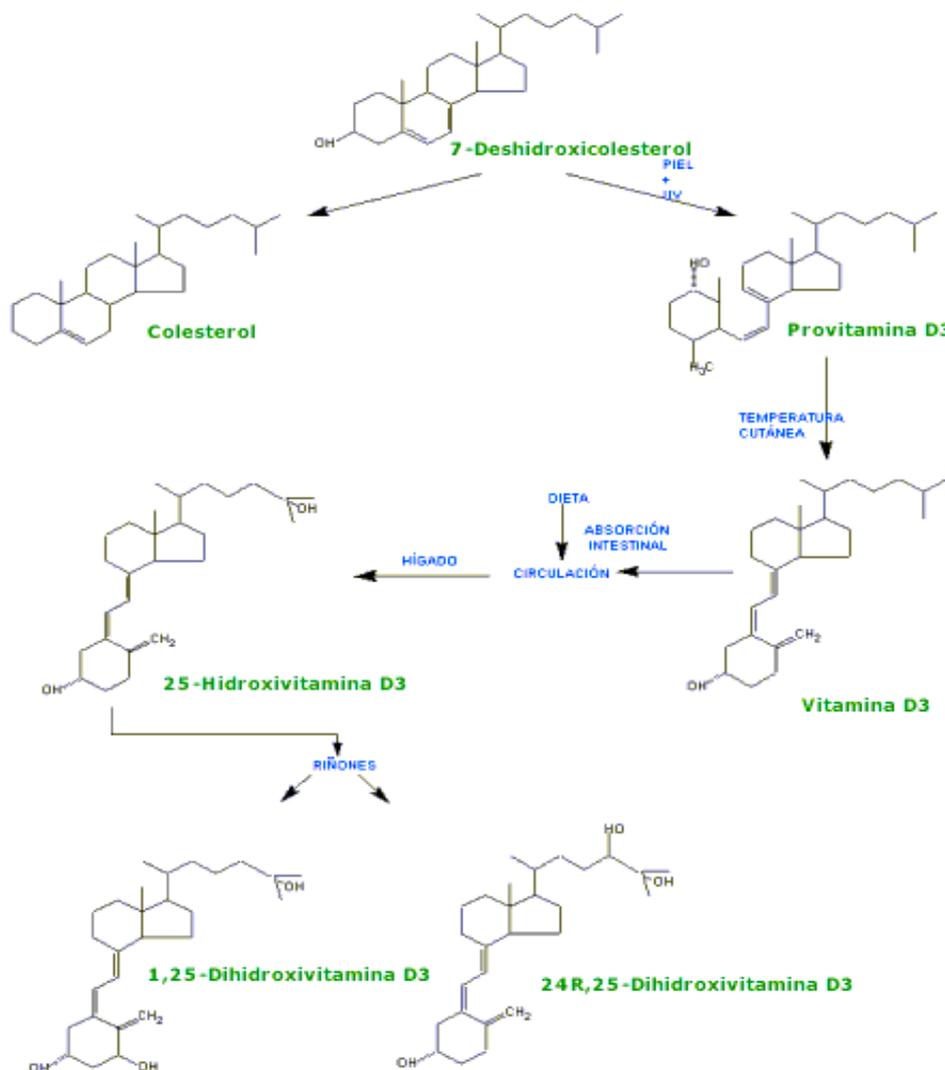


Figura 13 Fotobiogênese e vias metabólicas para a produção de vitamina D e seu metabolismo.

2.3 Vitamina E

O grupo das vitaminas E é constituído por uma mistura de vitaminas das quais a mais importante é o α -tocoferol (figura 14) que existe na natureza acompanhado de outros compostos, os β -, γ - e δ -tocoferóis e cuja função é a de inibir ou retardar a oxidação do tecido animal, principalmente dos ácidos graxos insaturados e vitamina A (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Em 1936, Evans & Cols isolaram a vitamina a partir do óleo de gérmen de trigo. Na atualidade se conhecem outros tocoferóis com atividade de vitamina E que ocorrem de modo natural. Acredita-se que o α -tocoferol (5,7,8-trimetiltocol) é o tocoferol de maior importância, visto que constitui em torno de 90% dos tocoferóis nos tecidos animais, e mostram a maior atividade biológica em quase todos os sistemas de bio valorização. O isomerismo óptico influi sobre a atividade, sendo as formas D são mais ativas que as formas L (PSICOBIOLOGIA NET, 2007).

Todos os compostos com atividade vitamínica E têm um grupo hidroxílico no anel benzênico que pode estar esterificado, encontrando-se, de forma natural, tanto os livres como os esterificados. O acetato é usado como aditivo alimentar porque é mais resistente à oxidação do que o tocoferol livre (ORDÓÑEZ, 2005).

O α -tocoferol mostra, a níveis fisiológicos, uma considerável retenção maior que qualquer outra vitamina, provavelmente resulta, em grande medida, dos requerimentos estéricos para a incorporação da vitamina na membrana lipídica. Além do mais, tem sido proposto que sua função antioxidante pode desempenhar uma função físico-química específica no ordenamento das membranas lipídicas, especialmente dos fosfolipídios ricos em ácido araquidônico.

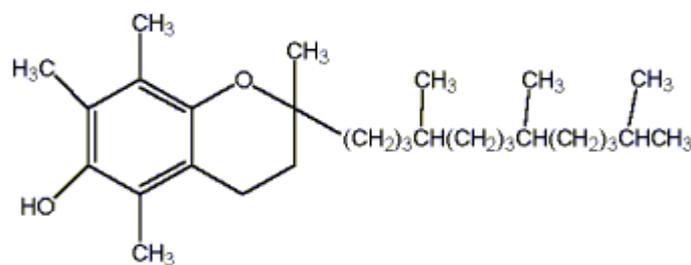


Figura 14 Estrutura do α -tocoferol

A vitamina E é razoavelmente resistente ao aquecimento e a ácidos e instáveis a álcalis, luz ultravioleta e oxigênio. É destruída quando está em contato com gorduras rançosas, chumbo e ferro. Devido ao fato dos componentes da vitamina ser insolúveis em água, não há nenhuma perda por extração no cozimento, porém, o congelamento e a fritura em gorduras destroem a maioria do tocoferol presente (KRAUSE, 1998).

O efeito dos tratamentos tecnológicos na perda de vitamina E é importante em todos os processos que implicam separação da fração lipídica ou hidrogenação. Os tocoferóis presentes em óleos de sementes perdem-se parcialmente (30 a 45%) quando os óleos crus são submetidos à refinação para eliminar os odores indesejáveis (ORDÓÑEZ, 2005).

A vitamina E age nos alimentos para prevenir a peroxidação de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA's). Ao nível do intestino, acentua a atividade da vitamina A, prevenindo sua oxidação no trato gastrointestinal. Ao nível celular, parece proteger as membranas celulares e subcelulares da deterioração por catalisadores de radicais livres que contém oxigênio, levando-se a sugestões de que ela pode ser útil em prevenir doenças associadas com a destruição de radicais livres, como o envelhecimento, o efeito de toxinas ambientais e o desencadeamento de algumas formas de carcinogênese, embora essa função antioxidante ainda não esteja confirmada definitivamente.

Disponível em alimentos comuns. Os óleos de sementes, principalmente o óleo de germe de trigo, são as fontes mais ricas, embora também sejam encontradas em quantidades menores em frutas, vegetais e gorduras animais. Amendoim, azeitonas, coco e óleos de peixes são fontes pobres dessa vitamina.

Devido à ampla disponibilidade dietética dessa vitamina, as deficiências são raras, e quando ocorrem geralmente são associadas com má absorção ou anormalidades no transporte de lipídios. Estados de deficiência causam fragilidade muscular, deposição ceróide do músculo liso, creatinúria, hemólise, reabsorção fetal, atrofia testicular, anormalidades embrionárias, distrofia muscular, encefalomalácia e necrose hepática.

2.4 Vitamina K

A vitamina K foi descoberta por Henrik Dam em 1929, como um fator anti-hemorrágico, capaz de estabelecer perturbações sangüíneas observadas em galinhas, alimentadas com dieta livre de gordura (SUTTIE, 1992). Em 1939, Dam na Dinamarca e Doisy em St. Louis isolaram a vitamina K₁ da alfafa e determinaram sua exata estrutura: 2-metil-3-phytyl-1,4 naftoquinona. As formas naturais de vitamina K são a filoquinona e as menaquinonas. A vitamina K₁, hoje chamada de filoquinona, é o único análogo da vitamina presente em plantas. É encontrada em hortaliças e óleos vegetais, os quais representam a fonte predominante da vitamina. A forma sintetizada por bactérias, as menaquinonas, originalmente chamadas de K₂, foram subseqüentemente caracterizadas (DOWD *ET AL.*, 1995).

A vitamina K é o nome genérico para diversas substâncias necessárias à coagulação normal do sangue. A principal forma é a vitamina K₁ (filoquinona ou fitomenadiona), encontrada em plantas, principalmente em folhagens verdes. A vitamina K₂ (menaquinona) é formada como resultado da ação bacteriana no trato intestinal. A vitamina K₃ (menadiona), composto lipossolúvel sintético, é cerca de duas vezes mais

potente biologicamente que as vitaminas K₁ e K₂ (VITAMINAS & SAIS MINERAIS, 2007). As formas biologicamente ativas da vitamina K são mostradas na figura 15.

O principal papel da vitamina K é na modificação pós translacional de vários fatores de coagulação do sangue, onde serve como coenzima na carboxilação de certos resíduos de ácido glutâmico presentes nestas proteínas. A vitamina K existe várias formas, por exemplo, em plantas como filoquinona (ou vitamina K₁) e na flora bacteriana intestinal como menaquinona (ou vitamina K₂). Para terapia existe um derivado sintético da vitamina K₁ a menadiona. Em animais, como no homem, não exerce atividade farmacológica, quando saudáveis, porém, quando estes apresentam sua deficiência, a filoquinona exerce funções importantes como na biossíntese da protombina no fígado. A protombina é indispensável na coagulação do sangue. Controla hemorragias e sangramentos internos. É anti-hemorrágico (SINONÍMIA, 2007).

A família das menaquinonas constitui-se numa série de vitaminas designadas MK-n, onde o n representa o número de resíduos isoprenóides na cadeia lateral. As menaquinonas naturais variam de MK-4 a MK-13 (VERMEER *et al.*, 1995). A menadiona, (2-metil-1,4 naftoquinona), é um composto sintético normalmente utilizado como fonte da vitamina para a alimentação animal (SUTTIE, 1996).

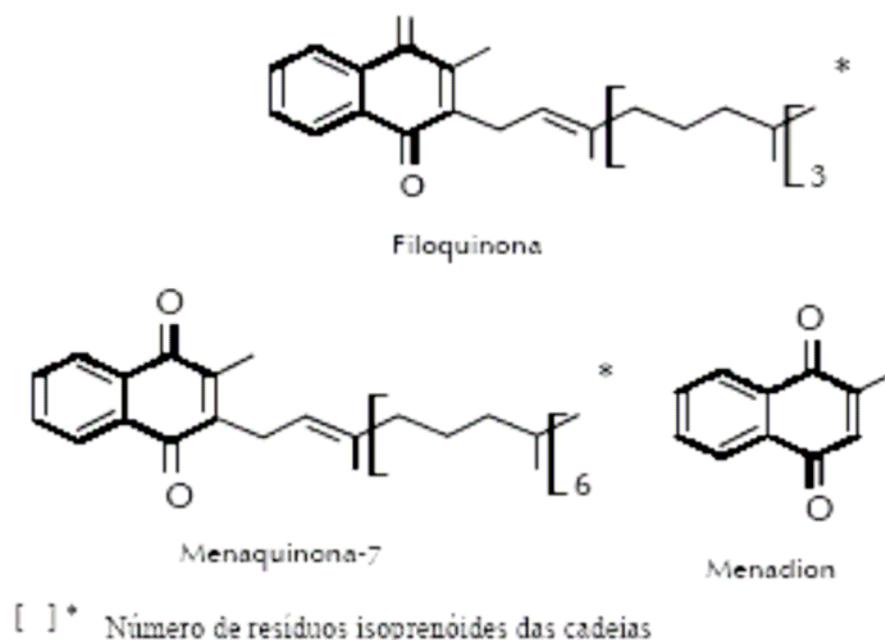


Figura 15 Estruturas das formas biologicamente ativas da vitamina K.

A vitamina K da dieta é absorvida no intestino delgado, incorporada aos quilomícrons e transportada pelas vias linfáticas; requer bile e suco pancreático para máximo aproveitamento. A

eficiência na absorção foi mensurada em 40-80%, dependendo do veículo no qual a vitamina é administrada e da circulação enteroepática. Quando a filoquinona é administrada em seres humanos, oralmente, em doses variando do nível fisiológico ao farmacológico, a vitamina aparece no plasma dentro de 20min, com pico em 2h; a seguir, declina exponencialmente a baixos valores, durante 48-72 horas, alcançando níveis de jejum de 1 a 2 nM (0,5–1,0 ng/mL) (Olson, 1999).

Lamon-Fava *et al.* (1998) observaram que as lipoproteínas ricas em triacilgliceróis são as principais carreadoras de filoquinona, transportando 83 % da filoquinona plasmática, sendo as lipoproteínas de baixa e alta densidade (LDL e HDL) carreadoras menos importantes (7,1 % e 6,6 %, respectivamente).

Ao alcançar o fígado, a filoquinona é reduzida a hidronaftoquinona (KH₂), que é o cofator ativo para a carboxilase (DAVIDSON & SADOWSKI, 1997).

O fígado tem um papel exclusivo na transformação metabólica que leva à excreção da vitamina K do organismo. A fração da vitamina excretada não é dependente da dose administrada. Assim, independentemente da dose administrada, por exemplo, 1 mg ou 45 µg, aproximadamente 20% são excretados na urina dentro de 3 dias, enquanto 40-50% são excretados nas fezes, via sais biliares (Shearer *et al.*, 1974).

Esse extenso catabolismo da filoquinona pelo fígado explica o rápido *turnover* e a depleção das reservas hepáticas em pacientes com dieta pobre em filoquinona, observado por Usui *et al.*(1990).

Parece provável, portanto, que aproximadamente 60-70 % das quantidades de filoquinona, absorvidas em cada refeição, são definitivamente perdidas por excreção (SHEARER *et al.*, 1996), o que sugere que os estoques corporais de filoquinona são constantemente reabastecidos. Com relação aos estoques hepáticos, sabe-se que este inclui aproximadamente 90% de menaquinona e 10% de filoquinona.

Os estoques de filoquinona são extremamente lábeis e sob condições de grave depleção nutricional podem reduzir-se a 25% de suas concentrações originais, após três dias (USUI *et al.*, 1990). As concentrações hepáticas de filoquinona em adultos são de aproximadamente 5 ng/g (SHEARER *et al.*, 1988); porém, a relação entre os estoques hepáticos de vitamina K e os estoques corporais totais não são conhecidos (SHEARER *et al.*, 1996).

A vitamina K é encontrada em grandes quantidades em vegetais de folhas verdes, especialmente repolho, brócolis, nabiça e alface. Outros vegetais, frutas, cereais, produtos lácteos, ovos e carnes contêm quantidades menores (KRAUSE, 1998).

As deficiências de vitamina K são raras e estão associadas a má absorção de lipídios ou destruição da flora intestinal por antibioticoterapia contínua. As doenças hepáticas podem produzir uma grave deficiência (KRAUSE).

Pigmentos

Os minerais formam as cinzas dos materiais biológicos após completa oxidação da matéria orgânica. Grande parte dos minerais que formam o corpo dos animais aparece no esqueleto. Uma menor quantidade aparece formando parte da estrutura de macromoléculas como hemoglobina, mioglobina, insulina e outras enzimas. Ainda outra parte aparece no interior das células e nos fluidos corporais na forma iônica regulando o pH, a pressão osmótica e o equilíbrio eletrostático tanto no interior das células como nos fluidos fisiológicos.

Os minerais, como também as vitaminas, não podem ser sintetizados pelo organismo e, por isso, devem ser obtidos através da alimentação. Não fornecem calorias, mas se encontram no organismo desempenhando diversas funções.

Os elementos minerais têm muitos papéis essenciais, tanto como íons dissolvidos em líquidos orgânicos como constituintes de compostos essenciais. O balanço de íons minerais nos líquidos regula a atividade de enzimas, mantém o equilíbrio ácido-base e a pressão osmótica, facilita a transferência pela membrana de compostos essenciais e mantém a irritabilidade nervosa e muscular. Representam, coletivamente, cerca de 4 a 5% do peso corpóreo.

Eles são divididos em macrominerais (necessários em quantidades de 100 mg ou mais por dia) que são: cálcio, fósforo, sódio, potássio, cloro, magnésio e enxofre; microminerais (necessários em pequenas quantidades - miligramas ou microgramas por dia) que são: ferro, cobre, cobalto, zinco, manganês, iodo, molibdênio, selênio, vanádio e níquel. Há ainda outros minerais que são tóxicos, como chumbo, cádmio, mercúrio, arsênio, bário, estrôncio, alumínio, lítio, berílio e rubídio.

Cada mineral é requerido em quantidades específicas, numa faixa que varia de microgramas a gramas por dia. Dessa maneira, é importante dizer que o excesso na ingestão de um pode acarretar prejuízos na absorção e utilização de outro.

Admite-se que cerca de 30g de minerais sejam eliminados por um indivíduo adulto, no espaço de 24 horas, o que determina que 30g de minerais de reposição, no mínimo, devem ser ingeridos a cada 24 horas. Há de lembrar, todavia, que o total de 30g é composto por diferentes elementos, cuja proporcionalidade e especificidade devem ser respeitadas, para que o balanço mineral não seja alterado.

Em geral, o consumo de uma alimentação balanceada, com o fornecimento adequado de alimentos, tanto de origem animal quanto vegetal, normalmente é suficiente para suprir as necessidades nutricionais de minerais. Dessa maneira, deve-se tomar cuidado com o uso não indicado de suplementos, certificando-se da necessidade de suplementação.

Teoricamente, todos os alimentos deveriam conter sais minerais, mas a industrialização e outros métodos modernos de produção de alimentos podem eliminá-los.

1 Macrominerais

1.1 Cálcio

O cálcio é um elemento químico, símbolo Ca, de número atômico 20 (20 prótons e 20 elétrons) e massa atômica 40 u. É um metal da família dos alcalino-terrosos, pertencente ao grupo 2 da classificação periódica dos elementos químicos (CÁLCIO, 2007).

Cálcio é o mineral mais abundante no corpo humano. Muito reconhecido por seu papel no desenvolvimento e manutenção de ossos fortes e saudáveis e no combate da osteoporose. Extremamente importante também para diversas outras funções vitais como contração muscular apropriada, batimentos cardíacos saudáveis e bons níveis de colesterol (OSBONE *et al.* 1996).

O cálcio aparece como o quinto elemento em quantidade na formação do corpo humano, representando 1,5 a 2,0 % do seu peso total. Mais de 99 % de todo o cálcio aparece nos ossos e dentes, juntamente com o fósforo, na proporção de 2:1.

O restante do cálcio (1 %) que não faz parte do esqueleto desempenha funções muito importantes e essenciais ao organismo, como a coagulação sanguínea, contractibilidade da musculatura em geral, funcionamento do miocárdio, sensibilidade neuromuscular, manutenção da integridade de substâncias intercelulares e de membranas e age também como ativador de enzimas.

Normalmente, a concentração do cálcio na célula é pequena, mas em circunstâncias patológicas (falta de oxigênio) há uma sobrecarga de cálcio intracelular, pois a membrana celular não preenche mais seu papel de barreira face ao cálcio extracelular. Esta entrada maciça de cálcio no interior da célula implanta canais membranáceos rápidos, que se abrem quando o equilíbrio da célula é perturbado. A elevação do cálcio livre na célula tem conseqüências desastrosas: a vasoconstrição dos vasos sanguíneos, uma diminuição da deformabilidade dos glóbulos vermelhos (aumento da viscosidade do sangue) e a tendência a hiperagregação das plaquetas sanguíneas (OLIGOELEMENTOS, 2007).

Infelizmente a maioria dos especialistas concorda que mais de 30% das pessoas não consomem a dose diária recomendada de cálcio necessária para obter todos os benefícios deste mineral. Vegetarianos e pessoas que “pegam pouco sol” estão ainda mais propensas a sentirem os efeitos da deficiência deste importante mineral (CÁLCIO-CORPO PERFEITO, 2007).

O cálcio ajuda na redução da pressão sanguínea, porém os mecanismos envolvidos parecem ainda ser complexos e não tão claros. Os níveis de cálcio no sangue (que devem se manter constante, ao redor de 10 mg/ 100 ml) são regulados pelo hormônio paratireóide (PTH), e uma ingestão baixa de cálcio causa uma elevação no PTH, o que assim pode gerar a hipertensão (JORDE *et al.*, 2000). A ingestão alta de cálcio está associada com a redução de risco de doenças cardiovasculares em mulheres na pós-menopausa (BOSTIK *et al.*, 1999).

Alguns componentes da dieta facilitam a absorção de cálcio, como certos aminoácidos e ácidos orgânicos. Outros, como os ácidos fítico e oxálico, formam complexos insolúveis com o cálcio, dificultando sua absorção. Os vegetais de folhas verdes escuras, tais como couve, couve-manteiga, nabiça, folhas de mostarda e brócolis, sardinhas, moluscos bivalves, ostras e salmão enlatado são boas fontes de cálcio.

A deficiência de cálcio causa raquitismo em crianças e osteomalácia em adultos.

1.2 Fósforo

É o primeiro elemento objeto de descoberta de que há registro histórico. Em 1669, um comerciante alemão chamado Henning Brand conseguiu obter fósforo elementar através da destilação da urina, tendo escrito uma carta a Leibniz a relatar a sua descoberta. É bastante provável que, já no século XII, os alquimistas árabes tenham obtido o elemento por este processo. No entanto, o respectivo crédito é dado a Brand. O nome do fósforo tem origem grega e significa "possui brilho" devido à sua propriedade de brilhar no escuro quando exposto (FÓSFORO, 2007).

O fósforo total do organismo adulto corresponde, aproximadamente, a 650g, dos quais 85-90 % encontram-se nos ossos. A maioria do fósforo do nosso corpo se encontra no esqueleto combinado ao cálcio e 10% dos tecidos moles, músculos, fígado e baço. Está como o cálcio, sob a influência da vitamina D e do hormônio paratiroideano. Ele goza um papel estrutural ao nível da célula, notadamente nos fosfolípidos, constituintes das membranas celulares.

O DNA e o RNA são baseados nos monômeros de éster de fosfatos. A principal corrente de energia, ATP, contém uma ligação de fosfato de creatina e o fosfoenolpiruvato. Como os fosfolípidos, o fósforo está presente em todas as membranas celulares do organismo. A fosforilação e desfosforilação são um importante passo de controle para ativar ou desativar muitas enzimas pelas cinases ou fosfatases celulares (KRAUSE, 1998).

As necessidades em fósforo são largamente cobertas pela alimentação corrente, já que possui uma relativa abundância nos alimentos e possui elevada taxa de absorção. Com efeito, ele se encontra em quantidade relativamente importante nos numerosos alimentos, notadamente aqueles que contêm cálcio (leite, queijo, frutas secas). Às vezes, existem causas múltiplas de carência em fósforo: diminuição dos aportes no curso da alimentação parenteral exclusiva, alcoolismo crônico, jejuns ou desnutrição prolongados (pessoas velhas), perdas de origem digestiva (diarréias, vômitos, pancreatite crônica) ou precipitação por antiácidos gástricos em tratamentos prolongados (hidróxido de alumínio ou magnésio, tratamentos gástricos freqüentemente prescritos).

A deficiência de fósforo leva a uma diminuição da síntese de ATP e outros compostos orgânicos de

fosfato, onde são observadas manifestações neuromusculares, esqueléticas hematológicas e renais.

A absorção de fósforo do leite de vaca é de 65-75 %, enquanto que a do leite humano é superior a 85 %. Tanto em crianças como em adultos em dieta mista, a absorção de fósforo está entre 50-70 % do ingerido. Em geral, a absorção de fósforo é da ordem de 1000 a 1500 mg diárias, estando acima da absorção de cálcio, o que é desfavorável à uma boa nutrição.

Os fosfatos são muito utilizados na indústria agro-alimentícia e fazem parte dos aditivos de numerosos alimentos como salsichas, queijos fundidos, sobremesas-creme, sorvetes e bebidas. Seu excesso causaria, por consequência, uma mobilização exagerada do cálcio ósseo, com aumento dos riscos de osteoporose nas mulheres menopáusicas. Hipótese que fica a ser provada, mas que mostraria uma vez mais a necessidade de um aporte equilibrado dos diversos minerais e oligoelementos (OLIGOELEMENTOS, 2007).

Em geral, boas fontes de proteínas são boas fontes de fósforo. Carne bovina, aves, peixes e ovos são excelentes fontes. O leite e seus derivados, nozes, leguminosas, cereais e grãos são também boas fontes de fósforo. No entanto, no revestimento interno dos grãos de cereais, particularmente trigo, o fósforo é encontrado sob a forma de ácido fítico, que pode formar um complexo insolúvel com alguns minerais, tornando-os indisponíveis.

1.3 Sódio

Sódio é um metal macio, prateado que flutua na água, decompondo-a com evolução de hidrogênio e formação de hidróxido. É altamente reativo, por isso não ocorre livre na natureza, apenas na forma combinada. Ele é o quarto elemento mais abundante na terra. É também, o metal mais abundante entre os elementos do seu grupo, os metais alcalinos.

Em 1807, Humphrey Davy isolou o sódio pela eletrólise da soda cáustica, poucos dias depois de ter descoberto o potássio (K). Em 1808, Gay-Lussac e Theuard descobriram um método químico para produção de grandes quantidades de sódio e potássio. A reação envolvida é a fusão do álcali com ferro aquecido ao rubro, o vapor do metal é liberado, condensado e coletado (TABELA PERIÓDICA, 2000).

O sódio pode reduzir muitos óxidos de outros metais e utiliza-se muitas vezes como agente redutor, tal como o seu hidreto. Forma liga com muitos metais, das quais as mais importantes são formadas com [chumbo](#) e [mercúrio](#). Da reação com uma grande variedade de substâncias orgânicas podem resultar vários derivados e radicais livres, muitos deles importantes intermediários em síntese orgânica, sobretudo em reações de polimerização. Os compostos de sódio mais importantes são o cloreto, o peróxido, o tetraborato, os silicatos, o clorato, o tiosulfato e o [hidróxido de sódio](#) (SÓDIO, 2007).

O sódio sob forma ionizada é um dos principais fatores de regulação osmótica do sangue, plasma, fluidos intercelulares e do equilíbrio ácido-base. É essencial à motilidade e à excitabilidade muscular e na distribuição orgânica de água e volume sangüíneo. Seu teor no organismo gira em torno de 1% do peso corporal ou 70g para o homem adulto, sendo um elemento muito espalhado na natureza, ingressando no organismo através dos alimentos, deliberadamente acrescentado à dieta com o sal de cozinha (VITAMINAS & SAIS MINERAIS, 2007) .

Quase todos os alimentos contêm naturalmente quantidades de sódio. Entretanto, o excesso de consumo de sódio é muito comum, em grande parte devido ao uso de sal para temperar os alimentos e o consumo de alimentos processados contendo sódio, como as comidas enlatadas, carnes e lanches. As maiores das bebidas, incluindo o leite, a água, a maioria dos sucos e até mesmo a maioria dos refrigerantes, contêm somente pequenas quantidades de sódio (INSTITUTO DE BEBIDAS..., 2006).

Alguns alimentos que contêm altas concentrações de sódio são azeitona, pães, queijos, lingüiças, salsichas, enlatados em geral.

A alimentação humana contém, normalmente, mais sódio que o necessário. O consumo normal de NaCl é de 6 a 18 g/dia e essa quantidade é de 10 a 35 vezes superior à s necessidades do organismo. Uma das manifestações desse consumo elevado é um aumento do fluido extracelular, devido à relação que existe entre elevada concentração de íons nesse fluido e maior ingestão de água. Outros efeitos tóxicos de excesso de sódio (NaCl) incluem alterações da secreção gástrica, particularmente inibição da produção de HCl e alterações na permeabilidade das membranas celulares.

O sódio é o principal elemento encontrado nos fluidos extracelulares, tendo como função muito importante na regulação da osmolaridade (pressão osmótica), do pH e do equilíbrio eletrostático. É ainda indispensável para os fenômenos de transporte ativo de substâncias através da membrana biológica, como por exemplo, na absorção de nutrientes dos alimentos e metabólitos entre exterior e interior das células bem como nos fenômenos de irritabilidade dos nervos e condução dos impulsos nervosos ao longo do axônio.

O sódio dos ossos, que perfazem 30-45 % do sódio total do organismo, funciona como uma reserva facilmente mobilizável (disponível) em casos em que o organismo necessite.

1.4 Potássio

O potássio (origina do termo arábico alkali) é um [elemento químico](#) de [símbolo](#) K (do [latim](#) "kalium", nome original da sua base KOH), [número atômico](#) 19 (19 [prótons](#) e 19 [elétrons](#)), [metal alcalino](#), de [massa atômica](#) 39 [u](#), coloração branco prateado, abundante na natureza, encontrado principalmente nas águas salgadas e outros [minerais](#). [Oxida-se](#) rapidamente com o [oxigênio](#) do [ar](#), é muito

reativo especialmente com a água e se parece quimicamente com o sódio (POTÁSSIO-WIKIPÉDIA, 2007).

O elemento encontra-se largamente distribuído na natureza, sendo o sétimo em ordem de abundância. A água dos oceanos contém cerca de 0,07% de cloreto de potássio, sendo necessário evaporar 98% desta para que os sais de potássio comecem a cristalizar.

Encontra-se potássio em muitas rochas vulcânicas, que por desintegração fornecem o elemento aos solos e à água. A leucite e a glauconite são silicatos que são fontes comerciais de potássio. As argilas podem absorver potássio retendo-o assim no solo e permitindo que as plantas o usem. Os principais minérios de potássio são: a silvite (KCl), a carnalite (KCl.MgCl₂.6H₂O), a langbeinite (K₂SO₄.2MgSO₄), e a polihalite (K₂SO₄.MgSO₄.2CaSO₄.2H₂O) que se encontram sobretudo na Alemanha, EUA, Canadá, Rússia, Palestina, Congo, Etiópia, Brasil e Bolívia (POTÁSSIO, 2007).

O potássio é um dos minerais mais importantes do espaço intracelular preservando as propriedades alcalinas dos fluídos corporais, estando envolvido com inúmeras reações enzimáticas e processos fisiológicos, incluindo oxigenação cerebral, condução nervosa, contração muscular e metabolismo de carboidratos, transmissão neural e neuromuscular, controle da contractilidade dos músculos esqueléticos, manutenção da pressão normal, balanço entre os líquidos intracelulares e extracelulares, ritmicidade do batimento cardíaco, controle dos níveis de acidez, pH necessário para função renal normal. (MAXWEY-SAÚDE NATURAL, 2005).

A fonte primária de K⁺ é a dieta. Diariamente se ingere entre 40 e 100 mmol de K⁺. As fontes principais de potássio dietético são alimentos de origem vegetal. As frutas frescas e secas, as verduras frescas, o leite e a carne são as principais fontes de potássio e os alimentos processados e refinados possuem, geralmente, quantidades maiores de sódio (Na⁺) (e gorduras) e menores de potássio (e fibra). Por outro lado, os alimentos não refinados que perderam grande quantidade de água e se tornam concentrados (por exemplo, as frutas secas) são fontes extraordinariamente ricas em potássio (IÑESTA, 2007).

1.5 Cloro

O cloro (grego chlorós, esverdeado) é um elemento químico, símbolo Cl de número atômico 17 (17 prótons e 17 elétrons) com massa atômica 35,5 u, encontrado em temperatura ambiente no estado gasoso. Gás extremamente tóxico e de odor irritante, foi descoberto em 1774 pelo sueco Carl Wilhelm Scheele. O elemento cloro está situado na série química dos halogênios (grupo 17 ou 7A). No estado puro, na sua forma biatômica (Cl₂) e em condições normais de temperatura e pressão, é um gás de

coloração amarelo esverdeada, sendo duas vezes e meia mais pesado que o ar. É abundante na natureza e é um elemento químico essencial para muitas formas de vida (CLORO-WIKIPÉDIA, 2007) .

O cloro tem um odor característico que o torna facilmente detectável a partir de uma concentração mínima no ar de algumas partes por milhão. O cloro líquido, quando em contacto com os olhos ou a pele, pode causar graves queimaduras. Apesar de numa concentração de 3,5 ppm ser apenas detectável pelo seu cheiro, o cloro provoca irritação a partir de 15 ppm, sendo bastante perigoso respirar uma atmosfera com 40 ppm durante uma hora. Uma dose de 1000 ppm é letal após algumas inspirações (CLORO-NAUTILUS 2007).

O cloro, em suas várias formas, especialmente na de sais de hipoclorito, é um dos sanitizantes empregados com mais sucesso nas indústrias de alimentos. São compostos eficientes e de baixo custo, tendo larga aplicação, como por exemplo, na forma de spray, para o controle bacteriológico em indústrias de frutas e hortaliças (BERBARI, 2001). Nas indústrias alimentícias, a cloração da água é definida como ponto-de-quebra, que é a adição de cloro na água em pequenas quantidades sob condições controladas, sendo aplicado este procedimento a toda a água que entra no processo industrial, onde se observa um bom residual de cloro livre da ordem de três ppm. A adição a mais de cloro, além do ponto-de-quebra, resultará em uma segunda elevação na concentração de cloro livre, que aumenta quase em proporção direta com a taxa da aplicação de cloro. Além do acréscimo dos custos com o tratamento de água, intensifica na água o seu sabor e aroma desagradável que irá conseqüentemente afetar o produto alimentício processado com esta água (ÁGUA NA INDÚSTRIA..., 2007).

Embora o cloreto seja, comumente, considerado como par iônico do sódio mantendo o pH e a osmolaridade dos fluidos extracelulares, os íons cloreto funcionam também como ativadores de enzimas (amilases) e são, obviamente, essenciais para a secreção de HCl na formação do suco gástrico.

Os mesmos fatores que promovem grande perda de sódio pelo organismo, como diarreia e vômitos, também acarretam grandes perdas de cloro.

Em indivíduos normais, a quantidade de cloreto da dieta não causa nenhuma preocupação devido à ingestão, em geral, de quantidades mais que suficientes, como cloreto de sódio.

1.6 Magnésio

O magnésio é abundante na natureza principalmente na água do mar como íon dipositivo, e na crosta terrestre na forma de magnesite ($MgCO_3$), dolomite ($CaCO_3 MgCO_3$) e vários silicatos, como o asbesto ($H_4Mg_3Si_2O_9$), o talco ($Mg_3 (Si_4O_{10})(OH)_2$) e a olivina ($(Mg,Fe)_2SiO_4$). Ocorre também como brucite ($Mg(OH)_2$); carnalite ($KCl.MgCl_2.6H_2O$); e kieserite ($MgSO_4.H_2O$).

O magnésio é um elemento essencial para a vida animal e vegetal. A atividade fotossintética da

maior parte das plantas é baseada na absorção da energia da luz solar, para transformar água e dióxido de carbono em hidratos de carbono e [oxigênio](#). Esta reação só é possível devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio. Nos sistemas animais, o magnésio também desempenha um papel importante em reações de catálise enzimática envolvendo o grupo dos fosfatos e que estão associadas à transferência de energia e ao estímulo a nível muscular (POTÁSSIO- NAUTILUS, 2007).

A principal função do magnésio pode ser para estabilizar a estrutura do ATP nas reações enzimáticas dependentes de ATP. É um cofator para mais de 300 enzimas. Entre as reações que exigem magnésio estão a síntese dos ácidos graxos e proteínas, a fosforilação da glicose e seus derivados na via glicolítica e as reações de transcetolase. É importante, também, na formação do monofosfato de adenosina cíclica, entre outras funções (KRAUSE, 1998).

Uma parte importante do magnésio é fixada sobre os ossos sob a forma de fosfatos e bicarbonatos, uma pequena parte entra na composição da massa molecular e uma pequenina fração, presente no sangue, está ligada às proteínas, ionizada e fisiologicamente ativa (O MAGNÉSIO, 2007).

O Mg está amplamente distribuído nos alimentos. Seu maior teor é encontrado nos grãos integrais, nas folhas verdes e na banana. Nos grãos processados mais de 80% do magnésio é perdido (ABMC, 2004).

O magnésio iônico atua como ativador de diversas enzimas envolvidas na hidrólise e transferência de grupo fosfato do ATP e de outros compostos contendo ligação fosfato de alta energia. A conversão de glicose em glicose 6-fosfato é o primeiro passo tanto para a liberação de energia pela glicose como para o armazenamento na forma de glicogênio. É essencial para a produção e transferência de energia para a síntese das proteínas, para a contractibilidade muscular e excitação dos nervos. O cálcio e o magnésio desempenham papéis antagônicos na contração muscular normal, o cálcio atuando como estimulante e o magnésio como relaxante. Possui inter-relacionamento com o metabolismo dos lipídios e os mecanismos de coagulação e participa também da síntese de DNA e RNA.

O magnésio é abundante nos alimentos. Sementes, nozes, leguminosas e grãos de cereais não moídos, assim como os vegetais de folhas escuras, nos quais o magnésio é um constituinte essencial da clorofila. O peixe, carne bovina, leite e as frutas mais comumente consumidas são fontes pobres de magnésio. As dietas ricas em alimentos refinados, carne bovina e produtos lácteos têm normalmente menos magnésio que as dietas ricas em vegetais e grãos não-refinados. O mineral é perdido durante o refinamento e o processamento dos alimentos, como farinha, arroz e açúcar, e não é adicionado durante o enriquecimento.

1.7 Enxofre

O enxofre é um elemento representativo, que se encontra no 16º grupo da Tabela Periódica, que também é chamado de família dos Calcogênios. Ele é o segundo elemento deste grupo, possui número atômico igual a 16, massa molar 32,06 g/mol. É um sólido amarelo e de odor característico, que ocorre isolado na natureza, em jazidas localizadas em terrenos de origem vulcânica, com alto grau de pureza, acima de 99% (MEDEIROS, 2004). O enxofre é um elemento fundamental da matéria viva, protagonista dos fenômenos biológicos celulares. Ele tem funções energéticas, plásticas e de desintoxicação.

O corpo humano contém 140g de enxofre e necessita diariamente de 850mg. A fonte para o homem são as proteínas da dieta que contenham geralmente ao menos 1,1% dele. Os alimentos ricos em enxofre são: carne, leite, ovos, queijos, cereais, frutas secas. O excesso de enxofre é eliminado pelas fezes e urina. Os carboidratos e as gorduras não contêm enxofre. Os vegetarianos apresentam uma carência desse elemento, particularmente se não consomem ovos. Entretanto, em alguns vegetais como cebola, alho e couve flor há uma boa quantidade dele (ENXOFRE, 2007).

O enxofre é encontrado em carboidratos, por exemplo, como um componente da heparina, um anticoagulante encontrado no fígado e alguns outros tecidos, e do sulfato de condroitina, encontrado nos ossos e cartilagens. É também um componente essencial de três vitaminas: tiamina, biotina e ácido pantotênico (KRAUSE, 1998).

O enxofre é encontrado no organismo como um constituinte dos três aminoácidos: cistina, cisteína e metionina. Como tal, ele está presente em todas as proteínas, mas é mais prevalente na insulina e na ceratina da pele, cabelo e unhas.

2 Microminerais

2.1 Ferro

É um constituinte da hemoglobina (pigmento dos glóbulos vermelhos do sangue transportador do oxigênio). Ele ocupa o centro de um núcleo pirrolidínico, chamado heme. É o mesmo núcleo que se encontra ocupado pelo magnésio na molécula de clorofila, pelo cobalto na vitamina B12, pelo cromo no fator de tolerância à glicose. Com outros constituintes protéicos, ele faz parte da mioglobina que estoca o oxigênio no músculo e dos citocromos que asseguram a respiração celular (O FERRO, 2000).

Quimicamente, o ferro é um elemento altamente reativo que pode interagir com oxigênio para formar intermediários capazes de danificar membranas celulares ou degradar o DNA. O ferro precisa estar firmemente ligado às proteínas para prevenir efeitos destrutivos. Tem também papel no transporte

respiratório do oxigênio e dióxido de carbono e é uma parte ativa das enzimas envolvidas no processo de respiração celular (KRAUSE, 1998).

A distribuição do ferro nos alimentos é muito ampla: este mineral é encontrado nas carnes, nos ovos, nos feijões e nos cereais. Além destes itens, que contém ferro de ocorrência natural, o consumidor dispõe de uma gama bastante variada de produtos fortificados com ferro, especialmente alimentos preparados com cereais (como biscoitos) e leites.

O aproveitamento do ferro contido nos alimentos depende de diversos fatores, entre os quais se destaca a forma em que o mineral se encontra. Neste sentido, cerca de 40% do ferro contido nas carnes está sob a forma de ferro-heme, de elevada absorção. Nos alimentos de origem vegetal, assim como para o ferro remanescente das carnes, encontra-se a forma não-heme, que sofre a influência de componentes da dieta e resulta em baixa absorção (DOMENE, 2007).

A deficiência de ferro no organismo, qualquer que seja a sua origem, manifesta-se por uma deficiência na síntese da hemoglobina e portanto na pigmentação das hemácias, resultando em anemia do tipo hipocrômico e microcítica, isto é, o número de hemácias permanece normal, porém, as células são pequenas e parcialmente despigmentadas. Essa deficiência acarreta uma diminuição na capacidade de transporte de O₂ e CO₂ pelo sangue, portanto, uma diminuição na capacidade respiratória. Essa anomalia produz debilitação geral do organismo que afeta o crescimento, a capacidade física mental e o bem-estar do indivíduo. O nível normal de hemoglobina nas células sanguíneas poderá ser restabelecido pela medicação com compostos de ferro ou através de uma alimentação contendo elevada concentração de ferro disponível.

A grande variação na biodisponibilidade de ferro dos tecidos vegetais se deve a vários fatores, dentre os quais a forma química do composto e a presença de compostos (quelantes) que formam complexos insolúveis com esse elemento.

2.2 Cobre

O cobre é um dos poucos metais que ocorrem na natureza em estado puro. É um elemento químico metálico, vermelho-amarelado, de símbolo Cu (do latim *cuprum*), tem densidade 8,9 e funde-se a 1.084° C. Possui dois isótopos estáveis, de massa 63 e 65, e nove radioativos, de massa, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67 e 68. Cristaliza no sistema cúbico e não possui formas alotrópicas (COBRE, 2007).

O cobre é um componente de muitas enzimas, e as manifestações clínicas da deficiência de cobre são explicáveis em termos de falha enzimática. O cobre tem papéis bem documentados na oxidação do ferro e antes dele ser transportado no plasma e na ligação cruzada do colágeno necessária para sua força de tensão. Através do envolvimento de enzimas que contêm cobre, também têm papéis na produção de energia mitocondrial, proteção contra oxidantes e síntese de melanina e catecolamina (KRAUSE, 1998).

Os órgãos do nosso corpo mais ricos em cobre são o fígado, onde o excesso é estocado, e o cérebro. Cerca de um terço está nos músculos e esqueleto. O transporte do cobre é assegurado por uma proteína, a ceruloplasmina. Quando este transportador está saturado, a absorção do cobre pelos intestinos é diminuída (OLIGOPHARMA, 2007).

As principais fontes de cobre para o ser humano são os alimentos. O conteúdo real de cobre varia muito segundo o tipo de alimento, as condições de desenvolvimento e o tipo de processamento utilizado. Geralmente, entre os alimentos mais ricos em cobre figuram os produtos marinhos (especialmente os frutos do mar tais como as ostras, lulas e siris, que concentram o cobre da água de mar ao se alimentarem mediante filtração), as carnes orgânicas (como o fígado, rins), grãos inteiros, amendoim, nozes, amêndoas, sementes de girassol, passas, legumes (feijão, grãos-de-bico e lentilhas) e o chocolate, já que o pó do cacau contém 36,4 mg de cobre por quilograma (PRO-COBRE, 2007).

O cobre é um componente de muitas enzimas e as manifestações clínicas da deficiência de cobre são explicáveis principalmente em termos de falha enzimática. O cobre tem papéis bem documentados na oxidação do ferro antes dele ser transportado no plasma e na ligação cruzada do colágena necessária para a sua força de tensão. Através do envolvimento de enzimas que contém cobre, também tem papéis na produção de energia mitocondrial, proteção contra oxidantes e síntese de melanina e catecolaminas.

2.3 Cobalto

O cobalto é um elemento químico de símbolo Co, número atômico 27 (27 prótons e 27 elétrons) e massa atômica 59 uma, encontrado em temperatura ambiente no estado sólido. É um metal de transição situado no grupo 9 (8B) da Classificação Periódica dos Elementos. É utilizado para a produção de superligas usadas em turbinas de gás de aviões, ligas resistentes a corrosão, aços rápidos, carbeto e ferramentas de diamante. O Co-60, radioisótopo é usado como fonte de radiação gama em radioterapia, esterilização de alimentos (pasteurização) (WIKIPÉDIA, 2007).

A única função biológica conhecida do cobalto no momento é como um componente da vitamina B₁₂ (cobalamina). Esta vitamina é essencial para a maturação das hemácias e funcionamento normal de todas as células. O cobalto pode compartilhar pelo menos parte do mesmo mecanismo de transporte intestinal com o ferro. A principal via de excreção do cobalto é a urina, e pequenas quantidades são excretadas com as fezes, suor e cabelo (KRAUSE, 1998).

Na irradiação de alimentos utiliza-se principalmente como fonte de radiação gama o isótopo Cobalto-60, obtido pelo bombeamento com nêutrons do metal cobalto-59 em um reator nuclear. Outros tipos de radiações também podem ser aplicados como os raios X e elétrons acelerados, contudo, o cobalto-60 é o mais utilizado comercialmente em todo mundo por sua disponibilidade, custo, apresentar-se na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando com isso maior segurança ambiental

(EHLERMANN, 1990).

O cobalto-60 possui meia-vida de 5,3 anos. A radiação gama, proveniente da fonte de cobalto-60, é um tipo de onda e faz parte do espectro eletromagnético, cuja figura está representada ao lado. Esta onda é de alta frequência e curto comprimento. Motivo pelo qual tem alto poder de penetração. Os raios gama têm capacidade de atravessar blocos de chumbo de pequena espessura (CAMARGO e WALDER, 2007).

O cobalto, assim como o manganês, parece exercer alguma função uma glândula tireóide e na produção de tiroxina. Contudo, essa função ainda não pode ser estabelecida para o cobalto, devendo-se aguardar maiores evidências experimentais.

2.4 Zinco

O zinco é um elemento químico essencial para as pessoas: intervém no metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos, estimula a atividade de mais de 100 enzimas, colabora no bom funcionamento do sistema imunológico, é necessário para cicatrização dos ferimentos, intervém nas percepções do sabor e olfato e na síntese do DNA.

Necessário para o funcionamento adequado do sistema imunológico, o zinco ajuda na proteção contra resfriados, gripes, conjuntivite e outras infecções (VITABRASILNETE, 2007).

Sua ação bioquímica é considerável: ele está presente em mais de 100 enzimas; ele intervém no funcionamento de certos hormônios; é indispensável à síntese das proteínas, à reprodução e ao funcionamento normal do sistema imunitário (OLIGOELEMENTOS, 2007).

O íon Zn^{2+} é um componente essencial de muitas enzimas (100 aproximadamente); presente em muitas desidrogenases dependentes de NAD^+ ou $NADP^+$, componente essencial das polimerases do DNA e do RNA; Faz parte da estrutura das anidrases carbônicas e carboxipeptidases. A insulina é estocada na forma complexada com zinco e atua no funcionamento adequado dos receptores dos sentidos do olfato e do paladar.

O zinco é abundante no núcleo da célula, onde estabiliza a estrutura do ácido ribonucléico (RNA) e do ácido desoxiribonucléico (DNA) e é necessário para a atividade das RNA polimerase importantes na divisão celular. O zinco também funciona nas proteínas da cromatina envolvida na transcrição e replicação. É encontrado na estrutura cristalina do osso, nas enzimas ósseas e na zona de delimitação (KRAUSE, 1998).

O zinco é distribuído por todo o reino vegetal e animal em abundância. De 2 a 3 g são encontradas no organismo de um adulto, com maiores concentrações no fígado, pâncreas, rim, ossos e músculos

voluntários. Outros tecidos com altas concentrações são várias partes do olho, glândula prostática, espermatozóide, pele, cabelo, unhas.

Carne bovina, peixe, aves, leite e seus derivados fornecem 80 % do total de zinco da dieta. Mariscos, fígado, queijos, cereais de grãos integrais, feijões secos e nozes também são excelentes fontes.

2.5 Manganês

O manganês é um metal cinza brilhante, duro e é oxidado superficialmente em contato com o ar, perdendo o brilho. É um metal de transição e pertence ao grupo 7 da Tabela Periódica. O elemento foi identificado por C. W. Scheele e T. Bergman e isolado por J. G. Gahn em 1774, pela redução do dióxido de manganês (MnO_2) com carbono (C). O manganês é um metal abundante que ocorre na forma de minerais. É considerado um elemento estratégico na economia mundial, pois tem amplo uso comercial e distribuição geográfica desigual. É também, um importante elemento para vida animal e vegetal (TABELA PERIÓDICA, 2007).

A distribuição do manganês é grande nos tecidos e líquidos do organismo, notadamente onde a atividade das mitocôndrias (centro respiratório das células) é maior. Com efeito, o papel metabólico do manganês é considerável, pois ele ativa numerosas enzimas implicadas na síntese do tecido conjuntivo, na regulação da glicose, na proteção das células contra os radicais livres e nas atividades neuro-hormonais (OLIGOELEMENTOS, 2007).

A concentração de 10 a 20mg de manganês no organismo humano adulto tende a ser alta em tecidos ricos em mitocôndrias. O manganês é um componente de várias enzimas, inclusive a glutamina sintetase, piruvato carboxilase e superóxido dismutase mitocondrial (KRAUSE, 1998).

O manganês está envolvido no metabolismo das aminas biogênicas, na fosforilação oxidativa, na incorporação de acetatos aos ácidos graxos, na conversão de ácido mevalônico em escualeno, na síntese do colesterol.

Os dados sobre os efeitos fisiológicos resultantes da deficiência de manganês estão confinados aos resultados dos estudos com animais, estabelecendo a essencialidade do manganês para a reprodução. A esterilidade ocorre em ambos os sexos.

2.6 Iodo

É um elemento indispensável ao funcionamento de todo o organismo. Com efeito, o iodo entra na formação de dois fatores hormonais da glândula tireóide (tiroxina e triiodotiroxina) que agem sobre a maioria dos órgãos e das grandes funções do organismo: o sistema nervoso, a termo-gênese (que nos

permite conservar uma temperatura estável), os sistema cardiovascular, os músculos esqueléticos, as funções renais e respiratórias. Em suma, estes hormônios são indispensáveis ao crescimento e ao desenvolvimento harmonioso do organismo (OLIGOELEMENTOS, 2007).

Nosso organismo contém normalmente de 20 a 30mg de iodo, com mais de 75% na glândula tireóide e o restante distribuído por todo o organismo, particularmente na glândula lactente mamária, na mucosa gástrica e no sangue. A única função conhecida do iodo é como parte integrante dos hormônios tireóideos. Sua excreção é primariamente pela urina; as pequenas quantidades nas fezes vêm da bile (VITAMINAS..., 2007).

Na deficiência de iodo na alimentação ocorre uma hipertrofia da glândula tireóide e um desequilíbrio do metabolismo, condição que recebe o nome de bócio ou papeira. Essa doença é endêmica em certas regiões do globo onde o solo é muito pobre em iodo.

A maior fonte de iodo é o sal de cozinha iodizado, que foi introduzido para combater a incidência de bócio nas regiões em que os solos são muito pobres em iodo.

2.7 Molibdênio

Elemento que durante muito tempo foi confundido com a grafita, o molibdênio tem importante aplicação na indústria siderúrgica como aditivo na fabricação de aços extremamente duros. É um metal branco-prateado, muito resistente e menos dúctil que o tungstênio, elemento com o qual se parece. De símbolo Mo, faz parte do grupo VI B da tabela periódica e está entre os três elementos de mais alto ponto de ebulição, o que o dificulta acentuadamente seu uso industrial.

Em 1778 o químico sueco Carl Wilhelm Scheele demonstrou a *molybdaina* — posteriormente denominado molibdenita e que até então se pensava ser um minério de chumbo ou grafita — continha enxofre e possivelmente um elemento químico ainda desconhecido. Outro sueco, Peter Jacob, conseguiu isolar o metal em 1782 e lhe deu o nome *molybdus*, “chumbo” (TABELA PERIÓDICA, 2007).

O molibdênio (Mo) é um elemento essencial que age principalmente como ativador de certas enzimas hepáticas. A deficiência de molibdênio pode desencadear uma hipersensibilidade a alimentos que contenham sulfitos (conservante de alimentos) e ao álcool. O molibdênio é importante para a síntese do ácido úrico (ABMC, 2004).

Suas funções biológicas são no presente bem conhecidas. Sabe-se que ele é absolutamente indispensável à vida dos microorganismos vegetais e animais e ao desenvolvimento normal do homem.

Até o presente, sabe-se que o molibdênio é ligado, muito fortemente, a um substrato formando o que se chama de molibdo-enzimas. Diversas enzimas que tem necessidade do molibdênio para agir: as

nitrogenases; a xantina desidrogenase; as oxidases (aldeido-oxidase e piridoxal-oxidase); as hidroxidases (ácido nicotínico e purinas hidroxilases); nitratos reductases nos vegetais e certos microorganismos (OLIGOELEMENTOS, 2007).

Atribui-se ao molibdênio importância na oxidação de ácidos graxos e na recuperação da hemoglobina quando este elemento é administrado juntamente com o ferro em pacientes com anemia hipocrômica,

2.8 Selênio

Selênio é um elemento nutricional essencial. É parte integrante da enzima glutathiona peroxidase (GP), que atua no metabolismo dos radicais livres. Essa enzima impede a formação excessiva de radicais livres e protege o organismo dos seus ataques. A diminuição da atividade da GP devido à diminuição de selênio é responsável pelo aumento dos radicais livres que causa envelhecimento precoce, maior incidência de câncer e patologias cardiovasculares. Um estudo realizado na Finlândia onde 8.000 pessoas foram avaliadas durante seis anos demonstrou aumento da incidência de câncer e de infarto do miocárdio nas pessoas com taxas de selênio plasmáticas diminuídas. O solo brasileiro apresenta regiões muito pobres em selênio o que torna muito freqüente a deficiência deste mineral (ABMC, 2004).

A deficiência de selênio é geralmente vista nas partes da China onde o índice de selênio no solo, e conseqüentemente a entrada de selênio, é muito baixa. Deficiência de selênio esta ligada à doença de Keshan. Os sinais mais comuns da deficiência de selênio vistos na doença de Keshan são um coração ampliado e um funcionamento ruim do coração. A doença de Keshan tem sido observada em áreas de baixo-selênio na China, onde a entrada dietética é menos de 19 mcg por o dia para homens e menos de 13 por o dia para mulheres. Esta entrada é significativamente mais baixa do que o PDR atual para o selênio (DHEUSA, 2007).

O selênio ocorre na natureza ligado às proteínas, o que quer dizer que deficiências agudas ou prolongadas na ingestão de proteínas como no Kwashiorkor e no marasmo poderão resultar em deficiência de selênio na espécie humana. O selênio pode interagir também com outros elementos minerais. É conhecida a ação do selênio no sentido de diminuir a toxicidade do mercúrio. Como o mercúrio se encontra bastante espalhado entre os alimentos, é possível que essa desintoxicadora do selênio tenha importância em alimentação humana e animal. Por outro lado, o arsênico diminui a toxicidade do selênio em certas condições, aumentando a excreção de selênio através da bile.

2.9 Vanádio

O vanádio não tem funções biológicas definidas nos animais, mas encontra-se no pigmento respiratório que constitui o sangue (azul) de um tipo de vermes marinhos (gén. *Ascidia*). O vanádio pode também substituir o [fósforo](#) na molécula da apatite (P_2O_5) que é um importante constituinte dos dentes. O vanádio e os seus compostos devem ser encarados como materiais tóxicos, devendo por isso ser tratados e manipulados com bastante cuidado (NAUTILUS, 2007).

O vanádio inibe algumas enzimas que hidrolisam as ligações éster de fosfato inclusive ribonucleases, fosfotirosina fosfatases e Na^+/K^+ adenosina trifosfatase. *In vitro*, o vanádio inibe efeitos parecidos com os da insulina, tais como o aumento do transporte da glicose e metabolismo no músculo esquelético, adipócitos e fibroblastos de ratos (KRAUSE, 1998).

2.10 Níquel

O níquel foi isolado pela primeira vez por Cronstedt em 1751, tendo-se conseguido uma amostra do metal bastante pura em 1804 por Richter, que também fez uma descrição muito pormenorizada das suas propriedades. Em 1870, Fleitmann descobriu que a adição de uma pequena quantidade de [magnésio](#) tornava o níquel maleável. Estima-se que na crosta terrestre o níquel não exceda os 0,01%, sendo o vigésimo quarto elemento mais abundante na Terra. Contudo, existem poucos depósitos naturais de níquel que justifiquem a sua exploração (NAUTILUS, 2007).

O níquel está constantemente presente no RNA e no DNA. Pode estabilizar a estrutura terciária dos ácidos nucleicos e proteínas ou funcionar como um cofator ou componente estrutural de enzimas. Aparentemente, o níquel é absorvido por difusão passiva, possivelmente complexado a aminoácidos ou compostos de baixo peso molecular. A deficiência de ferro, a gravidez e a lactação intensificam a absorção de níquel (KRAUSE, 1998).

O níquel ingerido pelo homem encontra-se distribuído entre os vários grupos de alimentos. As maiores concentrações são encontradas em alimentos enlatados, açúcares e conservantes, pães e cereais, sugerindo uma contribuição dos equipamentos de processamento dos alimentos, principalmente no caso dos enlatados e da gordura vegetal hidrogenada (SMART & SHERLOCK, 1987).

Nos alimentos *in natura* as maiores concentrações de níquel são encontradas nas nozes, sementes de leguminosas, mariscos, cacau e derivados. Grãos, carnes curadas e vegetais são intermediários, enquanto que alimentos de origem animal como peixes, leite e ovos geralmente apresentam baixo conteúdo de níquel (QUINTIES, 2000).

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, W. M. C.; MONTEBELLO, N. de. P.; BOTELHO, R. B. A.; BORGIO, L. A. **Alquimia dos alimentos**. Editora SENAC. Brasília, 2007.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos - teoria e prática**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 332p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1989. 223p.

RIBEIRO, E. P. SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo, Edgard Blücher, 2 ed, 2007.

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação