



GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ  
*Secretaria da Educação*

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

CURSO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA

**BIOQUÍMICA 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



*Disciplina*  
*Bioquímica dos Alimentos*

*Josefranci Moraes de Farias*  
*Consultora*

## INDICE

<b>UNIDADE I</b>	
PROTEÍNAS	03
LIPÍDEOS	05
<b>UNIDADE II</b>	
CONSERVANTES	15
REAÇÕES DE ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO	20
REAÇÕES DE ESCURECIMENTO NÃO-ENZIMÁTICO	25
<b>UNIDADE III</b>	
ANTIOXIDANTES NOS ALIMENTOS	29
<b>UNIDADE IV</b>	
BIOQUÍMICA DO LEITE	34
BIOQUÍMICA DO PÃO	40
BIOQUÍMICA DA CARNE	46
<b>UNIDADE V</b>	
TRANSFORMAÇÕES BIOQUÍMICAS APÓS A COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS	54
<b>REFERÊNCIAS</b>	64

**UNIDADE I****PROTEÍNAS**

As proteínas constituintes dos organismos, quaisquer que sejam as suas funções, estão continuamente sendo renovadas. Observe na Tabela abaixo o tempo de meia-vida de algumas proteínas. Esta renovação, ou “reciclagem”, de proteínas alimenta e utiliza o “pool” de aminoácidos, que deve ser entendido não como um reservatório estático de moléculas, mas como um conjunto de aminoácidos em trânsito entre os processos de síntese e degradação.

Com a degradação protéica, há portanto, uma perda constante de nitrogênio, que se manifesta mesmo quando um indivíduo é submetido, por vários dias, a uma dieta isenta de proteínas. Daí a necessidade da ingestão freqüente de alimentos que contenham proteína em sua composição.

Para se ter uma idéia sobre o conteúdo protéico de alguns alimentos, observe a tabela abaixo:

Alimento	Teor de proteína (g / 100 g de alimento)
Carne bovina	27
Queijo	27
Fígado bovino	26
Peixe	22
Carne de frango	22
Carne de porco	21
Ovo	13
Feijão	6
Ervilha	5,1
Cenoura	1,1
Batata	2,3
Arroz	2
Milho	2,6
Banana	2
Laranja	1
Maça	0,2

Para se ter uma alimentação adequada às necessidades fisiológicas não basta se orientar somente pela quantidade de proteína que determinado alimento apresenta, mas em sua qualidade. Isso porque a qualidade nutricional das proteínas é dependente da sua digestibilidade e composição em aminoácidos. A digestibilidade é uma medida do percentual da proteína ingerida que é digerido e efetivamente absorvido no trato gastro-intestinal e, portanto, oferecido aos tecidos na forma de aminoácidos. A parte não digerida é naturalmente, eliminada nas fezes.

A grande maioria das proteínas de origem animal exhibe valores altos de digestibilidade

quando comparadas a proteínas de origem vegetal. Isso porque os vegetais têm alto teor de fibras não-digeríveis o que diminui a absorção intestinal de nutrientes.

Ainda que a digestibilidade seja alta, uma proteína pode apresentar baixo valor nutricional, em virtude de sua composição inadequada de aminoácidos essenciais.

A gelatina, por exemplo, tem alta digestibilidade, mas é uma proteína de baixa qualidade, porque é deficiente em aminoácidos essenciais. Para que uma proteína seja nutricionalmente satisfatória, deve conter aminoácidos essenciais em proporções adequadas e a síntese das proteínas humanas.



## LIPÍDEOS

### CONSIDERAÇÕES GERAIS

São substâncias caracterizadas pela baixa solubilidade em água e outros solventes polares e alta solubilidade em solventes apolares. São vulgarmente conhecidos como gorduras e suas propriedades físicas estão relacionadas com a natureza hidrófoba das suas estruturas.

Todos os seres vivos possuem a capacidade de sintetizar os Lipídios, existindo, entretanto, alguns Lipídios que são sintetizados unicamente pelos vegetais, como é o caso das vitaminas lipossolúveis e dos Ácidos Graxos essenciais.

Óleos e gorduras fazem parte de um grupo de alimentos que mais fornecem calorias, em torno de 9000 K cal / kg, enquanto que o grupo as proteínas e carboidratos fornecem 4000 K cal / kg e 5000 K cal / kg, ao organismo.

### CLASSIFICAÇÃO

Muitas classificações são propostas dependendo do ponto de vista, se químico ou biológico. Desta forma, encontra-se na literatura especializada, várias formas de organizar os lipídios de acordo com a abordagem, o que pode complicar a compreensão do assunto. Entretanto, todas as classificações propostas baseiam-se em características comuns às diversas moléculas de lipídios existentes na natureza, sendo apenas uma forma didática de agrupá-las. Assim sendo, vamos agrupar os lipídios em dois grandes grupos para melhor entendê-los: aqueles que possuem Ácidos Graxos em sua composição e aqueles que não possuem.

**1.** Os Lipídios com Ácidos Graxos em sua composição são saponificáveis, pois reagem com bases formando sabões.

- **Acilgliceróis** (glicerídeos): compostos por 1 a 3 moléculas de Ácidos Graxos esterificado ao glicerol, formando mono, di ou triglicerídeos.
- **Ceras**: Ácidos Graxos de 16 a 30C .
- **Fosfolipídios**: Ácidos Graxos + fosfato
- **Esfingolipídios**: ácido graxo + esfingosina
- **Glicolipídios**: ácido graxo + glicerol + açúcar

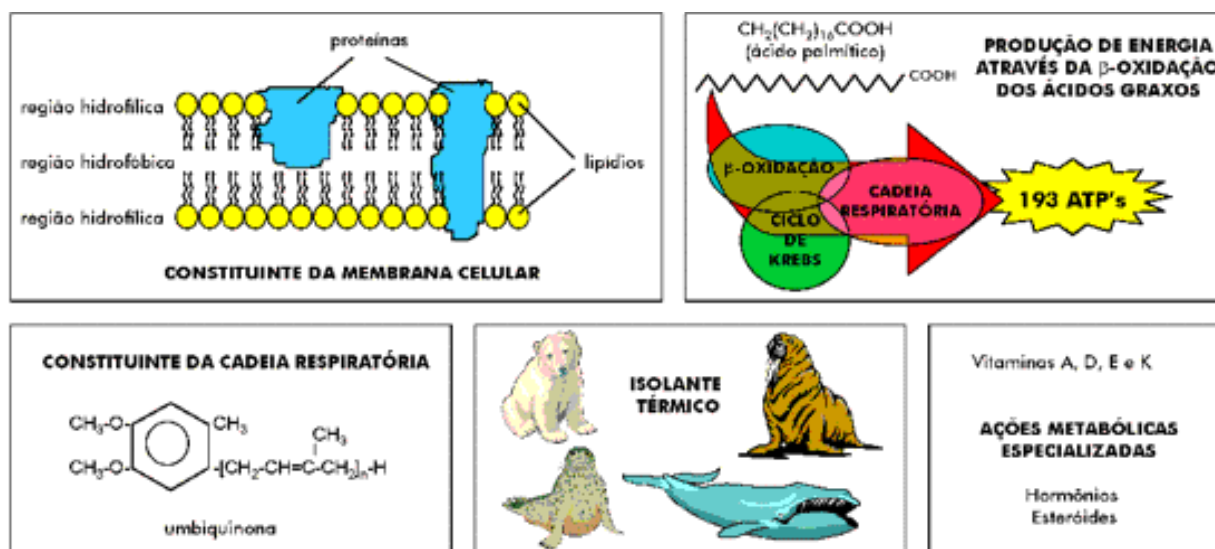
**2.** Os Lipídios que não contêm Ácidos Graxos não são saponificáveis. As vitaminas lipossolúveis e o colesterol são os principais representantes destes Lipídios que não energéticos porém desempenham funções fundamentais no metabolismo.

- **Terpenos**: possuem unidades isoprenóides como unidades básicas. As vitaminas E e K são os representantes mais importantes, além de vários óleos aromáticos de vegetais.
- **Esteróides**: o núcleo ciclo-pentano-per-hidro-fenantreno é a estrutura básica. O colesterol (e seus derivados) e a vitamina D são os mais importantes representantes deste grupo.
- **Carotenóides**: um tipo de terpeno, geralmente álcool. A vitamina A é o representante mais importante deste tipo de lipídio.
- **Prostaglandinas, tromboxanas e leucotrienos**: são eicosanóides derivados do ácido aracônico.

## FUNÇÕES

Os Lipídios além de serem uma importante fonte calórica na dieta, podem exercer as seguintes funções: fornecer ácidos graxos essenciais; agente protetor e transportador de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K); ação lubrificante; agente aerador em sorvetes e massas; contribui para o sabor. Também possuem funções importantíssimas para o metabolismo celular, podendo-se relacionar como principais as seguintes:

- Componentes das membranas celulares, juntamente com as proteínas (fosfolipídios e colesterol);
- Composto bioquímico mais calórico em animais e sementes oleaginosas sendo a principal forma de armazenamento (triglicerídio) e geração de energia metabólica;
- Componentes de sistema de transporte de elétrons no interior da membrana mitocondrial (umbiquinona);
- Formam uma película protetora (isolante térmico) sobre a epiderme de muitos animais (tecido adiposo);
- Funções especializadas como hormônios e vitaminas lipossolúveis.



São vários os usos dos Lipídios, seja na alimentação (óleos de grãos, margarina, manteiga, maionese), seja como produtos manufaturados (sabões, resinas, cosméticos, lubrificantes). Várias pesquisas nacionais recentes indicam os Lipídios como importantes combustíveis alternativos, como é o caso do óleo vegetal transesterificado que corresponde a uma mistura de Ácidos Graxos vegetais tratados com etanol e ácido sulfúrico que substitui o óleo diesel, não sendo preciso nenhuma modificação do motor, além de ser muito menos poluente e isento de enxofre.

### FUNÇÕES DO TECIDO ADIPOSEO (GORDURA)

Por fornecer energia para o corpo, esse tecido poupa proteínas para a síntese de tecidos ao invés destas serem utilizadas como fonte de energia. Auxiliam a manter órgãos e nervos em posição e protegê-los contra choques e lesões traumáticas. A camada subcutânea de gordura isola o organismo, preservando o calor e mantendo a temperatura do organismo. As gorduras auxiliam no transporte e absorção de vitaminas lipossolúveis. Deprimem as secreções gástricas e tornam mais lento o esvaziamento gástrico. Além disso, as gorduras adicionam o paladar da dieta e produzem uma sensação de saciedade após a refeição.

### CONHECENDO UM POUCO MAIS

Triglicerídeo - contém uma molécula de glicerol (um álcool) e um a três Ácidos Graxos ligados a essa molécula. Devido à sua alta densidade energética e baixa solubilidade, os triacilgliceróis do tecido adiposo são a maior forma de armazenamento de energia do organismo.

Ácidos Graxos - Os ácidos graxos de cadeia longa são os principais componentes dos óleos e gorduras. Estes compostos são constituídos por átomos de carbono e hidrogênio (cadeia hidrocarbonada) e um grupo carboxila. Quando estes ácidos graxos possuem apenas ligações simples entre os carbonos são denominados de ácidos graxos saturados, ocorrendo uma ou mais duplas ligações serão denominados de insaturados (monoinsaturados ou poliinsaturados, respectivamente).

- Ácidos Graxos saturados (SFA) - estão concentrados em alimentos animais como a carne bovina, frango, porco, laticínios) e alimentos vegetais (palmeira e óleo de coco).

- Ácidos Graxos monoinsaturados (MUFA) - Ácidos oléicos. Azeite, óleo de canola, óleo de amendoim, amendoins, nozes, peçã, amêndoas e abacate.

- Ácidos Graxos poliinsaturados (PUFA) - predominante na dieta é o ácido linoléico. Sementes vegetais e os óleos que eles produzem. Existem duas principais famílias desse grupo de Ácidos Graxos: ômega 3 e ômega 6. Estes têm funções ainda não muito bem conhecidas no tratamento de muitas doenças do organismo, como por exemplo: esclerose múltipla, artrite reumatóide e dermatite atópica, assim como na prevenção de aterosclerose.

- Ácidos Graxos essenciais - Ômegas 3 e 6 são conseguidos apenas através da dieta e não são produzidos pelo organismo e por isso são essenciais.

- Ácidos Graxos trans ou cis - É uma forma diferente na posição dos hidrogênios nas cadeias dos MUFA's. Estão presentes nas margarinas que são preparadas na forma de hidrogenação (transformação de óleos líquidos em semi-sólidos e mais estáveis, como as margarinas, frituras comercializadas, produtos de panificação, ricos em gorduras e lanches salgados.

Colesterol - Componente essencial das membranas estruturais de todas as células dos mamíferos é o principal componente do cérebro e das células nervosas. É encontrado nas glândulas supra-renais, aonde os hormônios adrenocorticais são sintetizados e no fígado onde é sintetizado e armazenado. O colesterol é participa na formação do ácido biliar, hormônios adrenocorticais (aldosterona) e hormônios sexuais (estrogênios, testosterona e progesterona). É encontrado em apenas alimentos de origem animal.

## **ÓLEOS E GORDURAS - DEFINIÇÃO**

A definição de óleos e gorduras ou lipídeos é baseada na consistência e depende do tipo de ácido graxo presente no triacilglicerol (SILVA, 2007). Eles são macronutrientes que

podem ser sintetizados no organismo, com exceção dos ácidos graxos essenciais, exercem funções energéticas (fornecem 9 Kcal/grama quando oxidados no organismo), estruturais e hormonais (SANTOS, 1998), e são encontrados tanto em fontes animais como vegetais.

Os óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), de origem animal ou vegetal, formados predominantemente por ésteres de triacilgliceróis, produtos resultantes da esterificação entre o glicerol e ácidos graxos. Os triacilgliceróis são compostos insolúveis em água e a temperatura ambiente, possuem uma consistência de líquido para sólido. Quando estão sob forma sólida são chamados de gorduras e quando estão sob forma líquida são chamados de óleos. Além de triacilgliceróis, os óleos contêm vários componentes em menor proporção, como mono e diglicerídeos (importantes como emulsionantes); ácidos graxos livres; tocoferol (importante antioxidante); proteínas, esteróis e vitaminas.

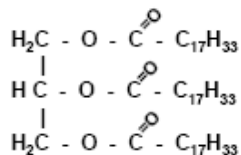
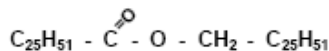
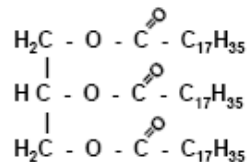
Segundo Fennema (2000), os óleos oriundos de frutos, como o azeite de oliva, são denominados azeites. Os óleos vegetais possuem de uma a quatro insaturações (ligações duplas) na cadeia carbônica, sendo líquidos à temperatura ambiente; as gorduras são sólidas à temperatura ambiente, devido a sua constituição em ácidos graxos saturados. Assim, gorduras animais como a banha, o sebo comestível e a manteiga, são constituídas por misturas de triacilgliceróis, que contêm um número de saturações maior do que o de insaturações, conferindo-lhes maior ponto de fusão (sólidos à temperatura ambiente. De maneira análoga, os óleos por possuírem um número maior de insaturações, expressam menor ponto de fusão (líquidos à temperatura ambiente).

### **Óleos, gorduras e ceras**

**Óleos:** são constituídos de ésteres derivados da glicerina com ácidos graxos, líquidos na temperatura ambiente.

**Gorduras:** são constituídas de ésteres derivados da glicerina com ácidos graxos, sólidos na temperatura ambiente.

**Ceras:** são constituídos de ésteres de ácidos graxos com álcoois superiores.

**ÓLEO: TRIOLEATO DE GLICERINA  
(TRIOLEÍNA)****CERA: CEROATO DE CERILA****GORDURA: TRIETERATO DE GLICERINA  
(TRISTEARINA)****PROPRIEDADES QUÍMICAS**

Os triglicerídios e os ácidos graxos apresentam reações de particular importância que são utilizados em muitos métodos analíticos e nos processos de industrialização dos óleos e gorduras

**Ácido oléico (C18:1)**

O ácido graxo oléico é encontrado praticamente em todos os óleos e gorduras, sendo componente dominante no óleo de oliva, alcançando níveis de até 75%. Em gordura animal o seu teor é superior a 40%.

**Ácido linoléico (C18:2)**

É um ácido graxo essencial, por não ser sintetizado pelos mamíferos. Os óleos vegetais são fontes ricas deste ácido graxo.

**Ácido linolênico (C18:3)**

Possui propriedades “secantes”, tornando óleos com teores acima de 35% de ácido linolênico impróprio para fins alimentícios. O óleo de soja possui cerca de 10%. O óleo de linhaça por possuir cerca de 50% é utilizado na formulação de tintas.

**Ácido araquidônico (C20:4)**

Ocorre principalmente em fontes de origem animal, em níveis próximos a 1%. É importante por se assemelhar ao ácido linoléico, considerado essencial. Gorduras de animais marinhos apresentam teores significativos de ácidos graxos polinsaturados (C20 – C24), contendo 3 – 6 duplas ligações.

**Glicerídeos**

Os glicerídeos são definidos como produtos da reação de uma molécula de glicerol com até três moléculas de ácido graxo. Através da reação de esterificação os ácidos graxos

são incorporados à molécula de glicerol. A reação inversa é a reação de hidrólise, que provoca o desmembramento das moléculas de ácido graxo do glicerol. Os monoglicerídeos apresentam uma molécula de ácido graxo incorporado à molécula de glicerol. Di e triglicerídeos apresentam duas e três moléculas de ácido graxo incorporados ao glicerol, respectivamente.

### **Não Glicerídeos**

Os principais representantes deste grupo são os fosfatídios. Todos os óleos e gorduras brutas contêm uma variedade de fosfatídios. Estas moléculas possuem uma região de grande afinidade pela água (hidrofilicas) e outra hidrofóbica, representada pela cadeia hidrocarbonada. Estruturalmente possuem um poliálcool (usualmente, mas nem sempre, o glicerol) esterificado com ácidos graxos e com ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), este último esterificado com um álcool aminado (colina, etanolamina) ou um aminoácido (serina) ou o inositol (poliálcool cíclico). Durante o processo de refino de óleos brutas, na etapa de degomagem, ocorre a remoção dos fosfatídios. Os principais fosfatídios são:

- Esfingomielinas
- Lecitinas
- Cefalinas
- Fosfatidil inositol

Outros não glicerídeos de menor importância são os esteróis, ceras, hidrocarbonetos. São compostos incolores, inodoros, insípidos e relativamente inertes do ponto de vista químico.

Lecitinas- Apresenta grande importância nutricional. Por ser anfótero, é largamente empregado como emulsificante em sorvetes, sorvete, chocolate, margarina, leite em pó (para torná-lo instantâneo).

Esteróis - São álcoois cristalinos, de elevado ponto de fusão e de estrutura complexa. Um dos principais esteróis de origem animal é o colesterol (zoosterol). Nos óleos vegetais são encontrados frequentemente os seguintes fitosteróis: b-sitosterol, campesterol e o estigmasterol. Estes constituem materiais de partida para síntese de hormônios sexuais, vitamina D sintética em sua maioria a matéria insaponificável.

Ceras - São álcoois monohidroxílicos de longa cadeia hidrocarbonada, ocorrem nos óleos e gorduras quase sempre esterificados com ácidos graxos. Óleos de milho, arroz e soja possuem quantidade de ceras (0,005%) suficiente para torna-los turvos quando a temperatura é baixa.

Hidrocarbonetos incolores - São hidrocarbonetos de cadeia longa, saturados ou

insaturados, presentes em pequenas quantidades na maioria dos óleos e gorduras. O composto de maior ocorrência é o esqualeno

Carotenóides e Clorofilas - São substâncias que conferem coloração aos óleos e gorduras. Os carotenóides conferem coloração amarelo à vermelho nos óleos. A clorofila é responsável pela cor esverdeada. O óleo de oliva apresenta coloração esverdeada perfeitamente aceitável, entretanto, o óleo de soja a pigmentação esverdeada é removida. A remoção é realizada na etapa de clarificação, utilizando terras branqueadora ou carvão ativo que adsorvem estes compostos. O azeite de dendê contém cerca de 0,05 – 0,20 % de carotenóides.

Tocoferóis - Os óleos vegetais são menos suscetíveis a rancidez por conter tocoferóis (vitamina E), que são antioxidantes naturais. Durante o processo de refino, há uma perda de até 6% dos tocoferóis totais. Os tocoferóis podem ser recuperados do desodorizador e posteriormente concentrado para reincorporação ao óleo ou outros fins.

Vitaminas - Óleos e gorduras são importantes fontes de vitaminas lipossolúveis, A, D, K, E e K . A oxidação de gorduras afeta as características de odor, sabor e as qualidades nutricionais.

## **OLEAGINOSAS**

São plantas vegetais que possuem óleos e gorduras que podem ser extraídos através de processos adequados. Os óleos extraídos são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), que na temperatura de 20° C exibem aspecto líquido. As gorduras distinguem-se dos óleos por apresentar um aspecto sólido à temperatura de 20° C. O termo azeite é utilizado exclusivamente para os óleos provenientes de frutos, extraídos através de processos mecânicos ou físicos, particularmente condições térmicas, que não levem a deterioração. São formados predominantemente por triglicerídios, compostos resultantes da condensação entre um glicerol e ácidos graxos. Além dos óleos de origem vegetal (oleaginosas), existem os óleos de origem animal e microbiana.

Os principais óleos e gorduras vegetais comercializados são: Óleo de soja, canola, girassol, milho, arroz, uva, óleo ou gordura de coco de babaçu, óleo ou gordura de coco, óleo ou gordura de palma, óleo ou gordura de palmiste, gergelim, óleo misto ou composto, óleo vegetal saborizado e azeite saborizado, azeite de oliva e azeite de dendê



**Óleo de algodão:** É um subproduto na produção de fibra. É o óleo vegetal comestível mais antigo produzido industrialmente no Brasil, sendo extraído das sementes de algodão (*Gossypium herbaceum*), seguido do refino. Por sua composição química, tem importante uso na produção de gorduras compostas.

**Óleo de amendoim:** É extraída da semente da leguminosa *Arachis hypogaea*. A cultura do amendoim no Brasil é mais antiga que a de soja. Uma micotoxina (aflatoxina) produzida pelo fungo *Aspergillus flavus*, sob condições de armazenamento inadequado gera a contaminação do amendoim.

**Óleo de milho:** É extraída das sementes de milho (*Zea mays*) seguido do refino. Possui uma composição favorável em termos de ácidos essenciais, sendo considerado um óleo de alta qualidade. O óleo extraído de fibra de milho é uma fonte de fitosteróis, fitostanóis, ferulato éster de sitostanol e campesterol, e são utilizados como produto redutor de colesterol.

**Óleo de canola:** É o óleo obtido de sementes da canola (*Brassica campestris* L. e *Brassica napus* L.)

**Azeite dendê:** Pode ser denominado também de óleo ou gordura de palma bruto. É extraído do mesocarpo dos frutos da palmeira de dendê (*Elaeis guineensis*) por processos mecânicos. É considerada uma fonte rica de vitamina A, responsável pela coloração alaranjada. Utilizado para o preparo de pratos regionais típicos (vatapá) e como componente de margarinas. O termo empregado para o azeite de dendê que sofreu algum processo de refino, passa a denominar óleo ou gordura de palma.

**Óleo de girassol:** É obtida da semente de girassol (*Helianthus annuus* L.). A semente de girassol possui cerca de 47% de matéria graxa em sua composição, possuindo cerca de 60% de ácido linoléico, considerado essencial ao organismo humano.

**Óleo de linhaça:** É considerado um óleo de alta qualidade. O óleo é uma fonte de fitosteróis, fitostanóis, ferulato éster de sitostanol e campesterol, e são utilizados como produto redutor de colesterol.

**Azeite de oliva:** É o óleo comestível obtido diretamente do fruto da oliveira (*Olea europaea* L.) e representa cerca de 4% do total mundial da produção de óleos. De acordo com o processo aplicado o azeite pode ser dividido nas seguintes categorias:

- Azeite virgem de oliva: que é obtido do fruto da oliveira unicamente por processos mecânicos ou outros meios físicos, particularmente condições térmicas que não deteriore o azeite;

- Azeite de oliva refinado: é o azeite virgem de oliva refinado, com acidez não superior a 0,5 g / 100 g (ácido oléico);

- Azeite de oliva: é a mistura do azeite de oliva refinado com o azeite virgem de oliva extra, fino ou comum. O azeite de oliva não poderá ser misturado com o azeite de oliva lampante. A acidez deverá ser de 1,5 g / 100 g (ácido oléico);

- óleo de bagaço e/ou caroço de oliva refinado: óleo refinado obtido do bagaço e/ou caroço de oliva com acidez não superior a 0,5 g / 100 g (ácido oléico). Quanto à acidez expressa em

ácido oléico o azeite de oliva pode ser classificado em (D.O.U. DE 20/06/2000):

- azeite virgem de oliva extra: acidez não superior a 1,0 g / 100 g;
- azeite virgem de oliva fino: acidez não superior a 2,0 g / 100 g;
- azeite virgem de oliva comum ou semi-fino ou corrente: acidez não superior a 3,3 g / 100 g;
- azeite virgem de oliva lampante: acidez superior a 3,3 g / 100 g. Não pode ser pré embalado quando destinado diretamente ao consumidor final. Não pode ser destinado para o consumo alimentício.

**Óleo de soja:** É extraída da leguminosa *Glycine Max* e submetido ao processo de refino. Domina o mercado de óleo comestível e atualmente é o mais consumido no Brasil. Este produto apresenta coloração clara e deve obedecer requisitos obrigatórios de qualidade, como odor, sabor, ser isento de impurezas.

## **UNIDADE II**

### **CONSERVANTES**

A principal causa da deteriorização dos alimentos é causada pela presença de diferentes tipos de microorganismos (bactérias, fungos, etc). A deteriorização microbiana dos alimentos têm provocado perdas econômicas substanciais, tanto para os fabricantes (perda das matérias primas e dos produtos antes de sua comercialização, descrição da marca, etc) como para distribuidores e consumidores (deterioração dos produtos depois da compra e antes do consumo). Calcula-se que mais de 20% dos alimentos produzidos no mundo se percam por ação de microorganismos. Por outro lado os alimentos modificados podem ser prejudiciais à saúde do consumidor. A toxina botulínica encontrada em conservas mal esterilizada ou embutidos é uma das substâncias mais tóxicas que conhecemos, chega a ser mil vezes mais tóxica que o cianureto. As alfatoxinas, substâncias produzidas por certos fungos, são potentes agentes cancerígenos. Existem algumas razões poderosas para evitar a alteração dos alimentos. Os métodos físicos, como o cozimento, desidratação, irradiação e congelamento, podem se associar os métodos químicos que causem a.

Morte dos microorganismos ou pelo menos evitem seu crescimento. Em muitos Alimentos existem de forma natural substâncias de caráter antimicrobiano. Muitas frutas contém diferentes ácidos orgânicos, como ácido benzóico e o ácido cítrico. A relativa estabilidade dos iogurtes quando comparada ao leite se deve ao ácido láctico produzido durante a sua fermentação. Os alhos, cebolas e outros temperos contém potentes agentes antimicrobiano, ou percussores que quando misturados se transformam nestas substâncias.

As condições de uso dos conservantes estão regulamentadas em todos os países do mundo. Usualmente existem limites para a quantidade de cada conservante e da quantidade total de conservantes no alimento. Os conservantes alimentícios, nas concentrações autorizadas não matam em geral os microorganismos, eles apenas evitam sua proliferação. Portanto são úteis apenas em matérias prima de qualidade.

#### **CONSERVANTES TRADICIONAIS**

##### **Açúcar**

Os doces do tipo compotas de frutas e geléias são compostos de fruta e açúcar numa proporção, geralmente, de 1:1. Eles conservam-se muito bem durante longo período porque uma bactéria que entre neste ambiente de alta concentração de açúcar morre rapidamente por desidratação – a água do citoplasma passa muito rapidamente para o exterior da parede celular

por osmose.

#### Sal – Cloreto de sódio

O processo de conservação por salga ou salmoura é utilizado para conservação de peixes (bacalhau), carnes de porco, carne bovina (carne seca) e vegetal (chucrute). Apesar da eficiente conserva microbiana, continua ocorrendo a degradação química, portanto os lipídeos oxidam-se – e a carne e o peixe podem ficar rançosos apesar de estarem na salga.

O princípio de conservação pelo sal é basicamente o mesmo que com o açúcar – as bactérias morrem por desidratação – como o meio externo contém alta concentração de sal (30%), a água do citoplasma passa rapidamente para o exterior da parede celular por osmose.

#### Ácido acético

O ácido acético em forma de vinagre, que é essencialmente uma dissolução deste ácido em água é utilizado como conservante pelo menos desde 5000 anos. Como conservante ele é pouco eficaz, sendo eficiente apenas contra alguns mofos. A utilidade do ácido acético como conservante é garantido naqueles produtos em que a acidez ou o aroma típico são desejados ou característicos, como em salmouras ou alimentos curtidos. Suas aplicações não resultam em acidez desagradável e deve-se utilizar algum outro tratamento conjunto para estabilizar o produto, como por exemplo, pasteurização, ou a combinação do ácido acético com outros conservantes.

### **OUTROS CONSERVANTES**

#### Ácido sórbico e sorbato

O ácido sórbico é um ácido graxo insaturados, presente em alguns vegetais, e fabricado quimicamente para uso como conservante alimentício. Possui a vantagem tecnológica de ser ativo em meios pouco ácidos e não ter praticamente sabor. Seu principal inconveniente é o preço alto em relação aos outros conservantes e que se perdem em parte quando submetidos à ebulição. São muito eficazes contra fungos e mofos, mas tem pouco resultado contra bactérias.

O sorbato também é um ácido graxo e é utilizado em bebidas, em derivados de carne, queijos, azeitonas em conservas, doces de leite com frutas, manteiga, marmeladas e etc. Na indústria de fabricação de vinho ele encontra aplicação como inibidor da fermentação secundária permitindo reduzir os níveis de sulfetos em contra partida, este composto não deve ser usado em produtos em cuja elaboração seja usada fermentação, porque inibe a ação das leveduras. Cada vez mais se usam nos alimentos sorbatos no lugar de outros conservantes

mais típicos como, por exemplo, o ácido benzóico.

Os sorbatos são os menos tóxicos de todos os conservantes, inclusive sal de cozinha e ácido acético (componente ativo do vinagre). Por isso seu uso é autorizado no mundo todo. No metabolismo se comporta como os demais ácidos graxos, é absorvido e utilizado como fonte de energia.

#### Nitritos e Nitratos

Os nitratos, particularmente o potássico (salitre), são utilizados para conservação de carnes desde a época romana. O efeito de curado, em que participa o sal e as especiarias é conseguir a conservação da carne evitando a alteração e melhorando a cor. A cor do curado se forma por uma reação química entre o pigmento da carne, a mioglobina, e o nitrito. Quando se adicionam nitratos, estes se transformam em parte em nitritos por ação de certos microorganismos, sendo o efeito final o mesmo se adicionasse um produto ou outro.

O uso de nitratos e nitritos como aditivos apresenta inquestionavelmente certos riscos. O nitrito (2g podem causar a morte de uma pessoa), por ser capaz de se ligar à hemoglobina no sangue, de uma forma semelhante com o que faz com a mioglobina da carne, forma a metamoglobina, um composto que não é capaz de transportar o oxigênio. Esta intoxicação pode ser mortal, de fato se conhecem vários casos fatais por ingestão de embutidos com quantidades muito altas de nitritos produzidas por uma adição errada do aditivo com os outros ingredientes durante sua fabricação. Para se evitar esse tipo de erro, pode-se adicionar o nitrito misturado ao sal.

As crianças são mais susceptíveis que os adultos a essa intoxicação, por sua menor quantidade de hemoglobina e nos casos de crianças muito pequenas (bebês) pela permanência no sangue durante certo tempo após o nascimento da forma fetal de hemoglobina, ainda mais sensível ao efeito dos nitritos.

#### Ácido Benzóico

O ácido benzóico é um conservante mais usado em todo o mundo. Na natureza pode ser encontrado em plantas como canela e outros vegetais.

O ácido benzóico é especialmente eficaz em alimentos ácidos, é um conservante barato, eficiente contra fungos, mofo e menos eficiente contra bactérias. Alguns inconvenientes são que ele tem certo sabor adstringente pouco agradável e sua toxicidade, que mesmo sendo baixa ainda é maior que de outros conservantes. Podem ser utilizados em bebidas, sucos para uso industrial, alguns produtos lácteos, em alguns vegetais em conserva,

em marmelada, crustáceos congelados ou “frescos”, margarina e etc.

A tendência mundial é utilizar cada vez menos esse tipo de conservante e substituí-lo por outros de sabor neutro e menos tóxico, como por exemplo, os sorbatos. é importante dizer que o ácido benzóico não tem efeito acumulativo nem é mutagênico ou carcinogênico.

#### Ésteres do ácido para-hidroxi-benzóico

Os ésteres do ácido para-hidroxi-benzóico e seus derivados sódicos, denominados em geral parabenos, são compostos sintéticos especialmente úteis contra mofo, fungos, e menos contra bactérias. Sua principal vantagem é que são ativos em meios neutros, enquanto os outros são ativos em meio ácido. Uma desvantagem é que dependendo da dose utilizada podem proporcionar aos alimentos um cheiro ou sabor fenênico. Eles são utilizados especialmente para conservar derivados de carne, vegetais em conserva, etc.

Desde a década de 50 são realizados muitos estudos a respeito da possível toxicidade, e demonstraram que são pouco tóxicos, menos que o ácido benzóico. São absorvidos rapidamente no intestino, eliminando-se também rapidamente na urina, sem que se acumule no organismo. Algumas pessoas alérgicas a aspirina podem ser sensíveis a esses aditivos.

#### Sulfitos

O anidrido sulfuroso é um gás, comercializado na forma líquida sob pressão. É um aditivo auto limitado em seu uso, no sentido que acima de certas doses altera as características gustativas do produto. É especialmente eficiente em meios ácidos, inibindo bactérias e mofo, e em menor grau, leveduras. Age destruindo a tiamina (vitamina B1), por isso não se deve usar nos alimentos que tenham uma proporção significativa na dieta, como no caso da carne.

Os anidridos sulfurosos e os sulfitos são muito utilizados para a conservação dos sucos de uvas, molhos e vinhos, assim como para conservar sidra e vinagre. Também se utiliza para conservar os produtos derivados de frutas que será utilizados por outras indústrias.

Além de sua ação contra os microorganismos os sulfitos atuam como antioxidante, inibindo especialmente as reações de escurecimento produzidas por certas enzimas em vegetais e crustáceos. Com essa finalidade se autoriza o uso em vegetais em conserva, azeitonas, e frutos do mar como lulas e polvos. Também se utiliza como antioxidantes em sucos e cervejas.

No organismo os sulfetos ingeridos com os alimentos são transformados em sulfato por uma enzima presente nos rins, fígado e coração, que é responsável pela eliminação do sulfeto produzido no próprio organismo durante o metabolismo dos aminoácidos que contém

enxofre.

Os sulfetos podem causar reações cutâneas ou diarreia em pessoas com o suco gástrico pouco ácido. Os sulfetos não apresentam efeito teratogênico nem cancerígenos e não apresenta risco à maioria das pessoas, nas quantidades presentes nos alimentos. Devido aos efeitos nocivos dos anidridos sulfurosos e sulfetos para algumas pessoas, especialmente pessoas asmáticas, têm sido estudada sua substituição por outros conservantes, porém parece improvável que isso ocorra no caso de sua aplicação na indústria de vinho, especialmente devido a suas ações antioxidantes.

## **REACÃO DE ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO**

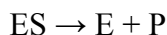
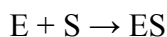
Uma reação enzimática nos alimentos é a reação de escurecimento enzimático em frutas e vegetais que contêm polifenóis na sua composição química, quando cortadas e expostas ao ar, são causadas pela enzima denominada polifenoloxidase (PPOs) que age diretamente nos fenóis existentes nos alimentos, que são oxidados a ortoquinonas. Estes compostos polimerizam facilmente formando as melaninas e são observados geralmente em vegetais de cores claras como as bananas, batatas, maçãs dentre outros.

O tecido vegetal ao sofrer algum tipo de corte, esmagamento, sofre ataque de insetos, fungos e/ou bactérias ou é congelado, torna-se escuro aceleradamente. O alimento quando vivo, possui vários tipos de enzimas dispersas de forma organizada em sistemas integrados e compartimentados em suas organelas. Quando os alimentos são processados, existe uma interrupção nas seqüências das reações metabólicas, liberando as enzimas que ao entrar em contato com os substratos, escurecem os alimentos.

### Reações enzimáticas

A velocidade de uma reação enzimática é influenciada por diversos fatores dentre os quais destacam-se: a concentração do substrato, o pH, concentração da enzima, a temperatura, e a presença de ativadores ou inibidores.

Uma reação enzimática pode ser representada por:



Onde:

E= Enzima

S= Substrato

ES= Complexo da Enzima Substrato

P=Produto final

### Formação dos pigmentos

A formação dos pigmentos escuros em alimentos é resultante das interações de quinonas, culminando na formação de melaninas. A melanina pode sofrer oxidações adicionais e interagir com outros constituintes dos vegetais.

Diversos mecanismos têm sido utilizados para evitar o escurecimento causado pela ação das polifenoloxidases (PPOs). Estas enzimas são as responsáveis pelo escurecimento em muitos produtos.



### Inativação das Enzimas

Muitas enzimas devem ser inativas em alguns alimentos, para tanto faz-se necessários inativa-las. Uma das principais maneiras é o uso do calor. Para inativar a maioria das enzimas, deve-se aplicar temperaturas na ordem de 70° a 80°C, por um período de 2 a 5 minutos.

A inativação pelo calor é um processo altamente utilizado na indústria alimentícia, sendo conhecida por “blanching” ou branqueamento. É um tipo de pasteurização aplicada às frutas e hortaliças para inativar as enzimas. Nos alimentos a serem congelados é de suma importância pois o congelamento não evita as atividades enzimáticas indesejáveis.

Na utilização desse processo, evita-se a perda da cor na clorofila ou carotenóides, o escurecimento de alguns alimentos, a rancidez em óleos, e outras alterações no aroma, no valor nutritivo dentre outros.

Alguns cuidados na manutenção da integridade do tecido vegetal reduz drasticamente a taxa de escurecimento do alimento. Os mecanismos atuam de várias formas para conseguir o controle sobre o escurecimento. Pode-se destacar:

- Destruição irreversível das enzimas (utilizando-se o calor, o sulfito e o ácido cítrico)
- Inibição reversível das enzimas (açúcar e ácido ascórbico)
- Modificação química dos substratos
- Otimização dos parâmetros de processamento

### Controle

Várias maneiras de inibição da PPO são conhecidas, muito embora os métodos utilizados pelas indústrias sejam relativamente poucos. Isto se deve ao aparecimento de “flavor” desagradável e toxidez e a questões econômicas. Três componentes devem estar presentes para que a reação de escurecimento enzimático ocorra: enzima, substrato e oxigênio. No caso de ausência ou bloqueio na participação de um destes na reação (seja por agentes redutores, temperatura ou abaixamento do pH), esta não prosseguirá.

- 1) pH: em valores menores de 4, diminui bastante a atividade enzimática
- 2) O<sub>2</sub> – o oxigênio é imprescindível na reação;
- 3) Inibidores químicos (SO<sub>2</sub> e Acido ascórbico) – reduzem o substrato, porém é temporário;
- 4) Temperatura: acima de 70°C ocorre a inativação enzimática
- 5) Ácidos – atuam reduzido o pH.

Exemplos:

a) Ácido Ascórbico – dosagem 0.06% em frutas enlatadas

b) Sorbato de K(0,2%) + Ácido Cítrico (0,3 a 1,0%) + Ácido Ascórbico (0,3 a 1,0%):

Batatas descascadas conservam a 4°C por 20 dias

#### Teste da catalase e peroxidase

Pode-se avaliar efetividade do tratamento térmico na inativação da enzima responsável pelo escurecimento através do teste da catalase ou peroxidase. Razões para realizar os testes:

1. Presentes em todos os tecidos
2. Facilidade de encontrá-las
3. Resistentes ao calor até 60 –70 °C

- Teste da catalase

A catalase desdobra a água oxigenada em água e oxigênio. Em presença de enzima catalase e de água oxigenada começa a borbulhar. É o teste mais seguro.

- Teste da peroxidase

Observa-se a coloração que aparece no produto, se houver presença de peroxidase vai ficar marrom. O guaicol garante o substrato devido a sua estrutura que pode sofrer oxidação igual aos compostos fenólicos. Colando-se um redutor com o substrato, retarda-se o escurecimento enzimático do produto, um exemplo é o ácido ascórbico.

Todo o produto que for congelado deve ser branqueado anteriormente.

Resultado: se após o branqueamento os testes da catalase e/ou da peroxidase são positivos, conclui-se que a inativação não foi completada.

#### Por que as frutas escurecem após serem cortadas

Chama-se fruta a parte polposa que rodeia a semente de plantas, normalmente tem sabor doce e, na maioria das vezes, pode ser consumida crua. As frutas fazem parte da nossa dieta há muito tempo. Elas são fontes de vitaminas, minerais, fibras e outras substâncias que podem combater o câncer, como antioxidantes (beta-caroteno e vitaminas A e C).

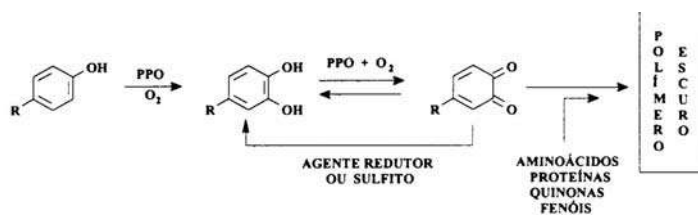
Quando a maioria das frutas é amassada, cortada ou triturada, rapidamente se torna escura. Esta descoloração é chamada de escurecimento enzimático, e é oriunda de reações catalisadas por uma enzima conhecida como polifenol oxidase (PPO), presente nessas frutas. A ação desta enzima nas frutas in natura acarreta perdas econômicas consideráveis, além de diminuição da qualidade nutritiva e alterações do sabor.

Em contato com o oxigênio, as polifenóis oxidases (PPO) oxidam os compostos fenólicos das frutas. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanina (figura 1), ou reage não-enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também melanina.

As reações de escurecimento enzimático ocorrem no tecido vegetal quando há ruptura da célula e a reação não é controlada, muito embora, no tecido intacto das frutas possa também ocorrer o escurecimento, como, por exemplo, em situações de inibição da respiração durante o armazenamento em atmosfera controlada, uso de embalagem imprópria, deficiência de ácido ascórbico no tecido vegetal, armazenamento a frio e radiação ionizante.

A ação desta enzima resulta na formação de pigmentos escuros (melanina), freqüentemente acompanhados de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades organolépticas do produto, resultando na diminuição da vida útil. A enzima ocorre também em animais, e o substrato é a tirosina, responsável pela cor da pele (melanina).

Figura 1



Três componentes devem estar presentes para que a reação de escurecimento enzimático ocorra: enzima, substrato e oxigênio. No caso de ausência ou bloqueio na participação de um destes na reação, esta não prosseguirá. Sendo assim, o escurecimento de frutas e vegetais catalisados pela PPO pode ser prevenido de várias formas:

Inativação térmica da enzima pelo uso do calor, muito embora algumas PPOs sejam relativamente termoestáveis (meia-vida de 12 min a 70 °C). Além disso, é necessário tomar algumas providências para prevenir o escurecimento oxidativo, até que ocorra a desnaturação da enzima.

Exclusão ou remoção de um ou ambos os substratos: oxigênio, através da atmosfera controlada ou do uso de embalagens adequadas; e fenóis, através da adição de ciclodextrinas, essa técnica normalmente é utilizada em sucos industrializados.

Abaixamento do pH em duas ou mais unidades abaixo do pH ótimo (~6,0), pela

adição de ácido cítrico, por exemplo.

Adição de substâncias redutoras que inibam a ação da PPO ou previnam a formação da melanina. Como por exemplo, o ácido ascórbico, que é um inibidor altamente efetivo do escurecimento enzimático, por causa da capacidade de reduzir quinonas a compostos fenólicos antes que formem pigmentos escuros. O uso desse ácido como antioxidante, além de ser totalmente seguro para o consumo humano, pode aumentar o teor de vitamina C de certas frutas e hortaliças.

## **REACÇÕES QUÍMICAS NÃO ENZIMÁTICAS OU NÃO OXIDATIVAS**

### **Reação de oxidação**

Os centros de insaturações dos ácidos graxos são facilmente oxidados por agentes oxidantes com formação de vários compostos (aldeídos, cetonas, ácidos, álcoois, etc)

Rompimento das cadeias insaturados de ácidos graxos, originando diversos carbonilados de peso molecular mais baixo, responsáveis pelo odor desagradável.

Reação: Só ocorre com ácidos insaturados. Mecanismo de radicais livres, através de três etapas ou fases:

1ª fase - é a da indução. Não ocorre cheiro de ranço e formam-se os primeiros radicais livres 2ª fase - é a propagação. Já apresenta cheiro e sabor que tendem a aumentar. Ocorre a formação de peróxidos e de seus produtos de degradação. São as reações em cadeia.

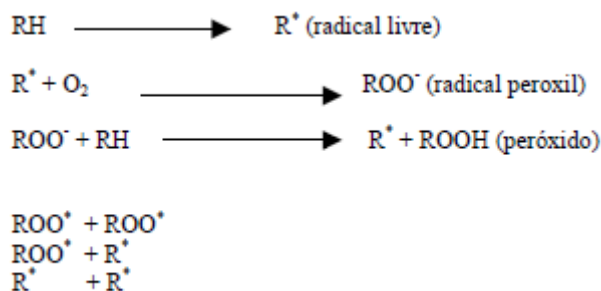
3ª fase - terminação. Os radicais reagirão entre si formando moléculas inativas. Caracteriza-se pela formação de sabor e odor fortes, alterações de cor e viscosidade do lipídio e alteração de sua composição.

Mecanismo - Ocorre à formação de radicais livres que reagiria com O<sub>2</sub> atmosférico formando um radical peróxido. Inicialmente necessita de uma fonte de energia externa (radiação, Calor, luz, íons metálicos).

Após a formação suficiente de radicais livres a reação é propagada pela remoção do H<sup>+</sup> da dupla ligação. A adição do Oxigênio nesta posição resulta um radical peroxil (ROO<sup>-</sup>), este radical remove novamente o H<sup>+</sup> da dupla ligação produzindo o peróxido (ROOH) e radicais livres e estes reagem com o oxigênio e a reação se repete ou formam produtos inativos.

Aceleram a reação: O<sub>2</sub>, luz (UV), metais (Cu e Fe), enzimas (lipoxidases) e oxidantes naturais, temperatura

Inibem a reação: Antioxidantes físicos (embalagem / luz e temperatura) Químicos (carotenóides, ácido Cítrico, tocoferóis, BHT, BHA).



### Escurecimento Químico

Também chamado de “browning químico”. É o nome de uma série de reações químicas que culminam com a formação de pigmentos escuros chamados de MALANOIDINAS, que são polímeros insaturados, coloridos e de composição variada.

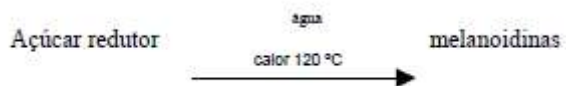
Desejável: Doce de leite, café churrasco, caramelo, cerveja, batata-frita,

Indesejável: frutas secas, sucos de frutas.

### Caramelização

Compostos polihidroxicarbonilados são aquecidos a temperaturas altas, ocorrendo desidratação com a formação de aldeídos muito ativos. HMF é intermediário da reação. Degradação de açúcares na ausência de proteínas ou aminoácidos, a + de 120 °C.

- Facilitada em condições ácidas e na presença de certos sais.
- redução no tamanho do anel
- desidratação de açúcares
- formação de bases de Shift anoméricas
- quebra de ligações glicosídicas
- formação de novas ligações glicosídicas
- termólise com formação de anéis anidros
- introdução de duplas ligações em anéis de açúcares
- formação de furanas
- polimerização com partículas de 0,46 a 4,33 nm de diâmetro
- ligações duplas conjugadas absorvem luz e produzem cor
- compostos poliméricos de elevado peso molecular podem ser formados – evitar as huminas, com sabor amargo e composição semelhante a carvões.



**Reação:** Desidratação do açúcar redutor e rompimento das ligações, introdução da dupla ligação e formação de intermediários incolores de baixo PM. Os dissacarídeos são hidrolisados a monossacarídeos para participar da reação.

Reação é iônica, pode ser catalisada por ácidos (pH: 2-4) ou bases (pH: 9-11).

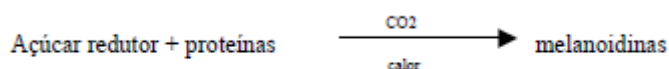
A velocidade é maior em meio alcalino.

É o corante mais usado na indústria de alimentos.

### Reações de Maillard

É a Reação entre um açúcar redutor e um grupo amina de aminoácidos, formando pigmentos escuros de composição variada denominados melanoidinas.

Principal causa de escurecimento não enzimático produzido durante o aquecimento e armazenamento prolongado.



Quando a reação é indesejável:

- Escurece os produtos.
- Reduz digestibilidade de proteínas.
- Inibe a ação de enzimas digestivas.
- Destrói nutriente (aminoácidos essenciais e Vitamina C).
- Interfere no metabolismo de minerais por complexação com metais.

Utilização de inibidores:

a) Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>): porém leva ao odor desagradável e a destruição da vitamina B1.

b) Remoção do açúcar: remover a glicose enzimaticamente (ovo em pó).

c) Através de condições adversas.

Condições para a reação ocorrer temperatura: entre 40 -70 °C, aumenta 2 a 3 vezes a velocidade da reação a cada aumento de 10 °C.

pH - 3 a 8, descoloração maior 9 a 10. Ótimo entre 6 e 7.

Tipo de amina: Aminoácido básico (lisina) > ácido (glutâmico) > neutro (glicina) .

Tipo de açúcar: açúcar redutor > pentoses > hexoses > lactose

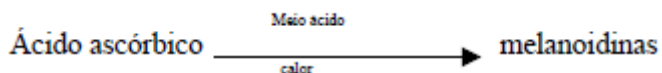
Teor de umidade: velocidade máxima com aa entre 0,5 e 0,8).

### Degradação do Ácido Ascórbico

O ácido ascórbico é uma das mais importantes vitaminas presente nas frutas e vegetais, para a nutrição humana, em que mais de 90 % dessa vitamina, na dieta humana é proveniente de frutas e vegetais. Esta vitamina é necessária para a prevenção do escorbuto e para a manutenção da pele, gengivas e vasos sanguíneos, além disso, apresenta função na formação do colágeno, na absorção do ferro inorgânico, na redução dos níveis de colesterol no sangue, melhora o sistema imunológico e reduz a ação dos radicais livres.

No entanto, a vitamina C, é uma vitamina que durante os processos térmicos tende a decrescer, especialmente durante o processo de secagem. O aumento da temperatura, a redução do pH, a oxidação catalisada pelo oxigênio e/ou íons metálicos (ferro e cobre), e o conteúdo de umidade inicial, como sendo os principais fatores responsáveis pela degradação da vitamina C.

Como escurecimento não enzimático, a reação de oxidação de ácido ascórbico, requer oxigênio, porém não requer compostos de nitrogênio, ocorrendo em pH entre 3,0 e 5,0 com produção de melanoidinas.





### **UNIDADE III**

#### **ANTIOXIDANTES NOS ALIMENTOS**

Segundo a ANVISA antioxidante é a substância que retarda o aparecimento de alteração oxidativa no alimento.

Nos alimentos o controle do processo oxidativo é feito através do emprego de substâncias que apresentam a propriedade de retardar a oxidação lipídica, são normalmente utilizadas no processamento de óleos e gorduras e em alimentos que os contêm e são denominadas antioxidantes.

Do ponto de vista químico, os antioxidantes são compostos aromáticos que contêm pelo menos uma hidroxila, podendo ser sintéticos como o butilhidroxianisol (BHA) e o butilhidroxitolueno (BHT), largamente empregados pela indústria de alimentos, ou naturais, substâncias bioativas tais como organosulfurados, fenólicos e terpenos, que fazem parte da constituição de diversos alimentos. Segundo a FDA (Food and Drug Administration), antioxidantes são substâncias utilizadas para preservar alimentos através do retardo da deterioração, rancidez e descoloração decorrentes da autooxidação.

Os aspectos toxicológicos dos antioxidantes têm sido uma das áreas de maior controvérsia nos debates sobre a segurança dos aditivos alimentares. No caso do BHA e do BHT, resultados de estudos a longo prazo realizados nos últimos anos demonstraram que estes compostos podem produzir tumores em animais experimentais.

Em 1983, um IDA de grupo de 0-0,5mg/kg de peso corporal foi alocado pelo JECFA para os antioxidantes fenólicos BHA, BHT e TBHQ. Atualmente, tais compostos são considerados separadamente, devido aos seus diferentes perfis de toxicidade.

Resumo dos efeitos de alguns compostos fenólicos:

##### Galatos

Doses de 1,17 e 2,34% na dieta causam redução de ganho de peso, crescimento retardado, e cerca de 40% de mortes acompanhadas por danos renais, no primeiro mês;

##### Hidroquinona

É rapidamente absorvida do trato gastrointestinal e eliminada pela urina como sulfato e conjugados de glucuronídeo.

Sintomas de envenenamento pó HQ após 30-90 minutos da administração oral.

Hiperexcitabilidade; tremuras; convulsões; descoordenação; em cães e gatos.

### Tocoferóis

Muitos estudos não mostram efeitos adversos, em ratos alimentados com  $\alpha$ -tocoferol, até 0,4 e 5% por dia, durante um mês.

Administração de 0,63 a 1% de  $\alpha$ -tocoferol, durante 7 dias, mostrou ser hemorrágico em ratos.

Em ratos alimentados com doses diferentes de acetato de dl- $\alpha$ -tocoferil, verificou-se redução de peso corporal, diminuição de densidade óssea, aumento do tamanho do coração, aumento dos níveis de lipídios no fígado.

Tocoferóis mostraram ação inibitória contra alguns carcinogênicos conhecidos

### Catecóis

Em sistemas de mamíferos, por outro lado, os fenóis usualmente não têm efeitos adversos porque estes sistemas possuem um adequado mecanismo de defesa e podem desintoxicá-los, principalmente por conjugação com 2 tipo de enzimas.

Apenas com uma dose excessiva em que o potencial de desintoxicação é excedido e os produtos oxidados, quinonas que reagem rapidamente com as proteínas, providenciam evidência de toxicidade.

### BHA

O BHA é uma substância irritante para a pele, mas não parece causar irritação após a ingestão nos níveis de uso permitidos, nem outros efeitos tóxicos agudos em animais experimentais ou indivíduos que manuseiam o composto (24).

O BHA é uma substância carcinogênica e por isso deve-se cuidar seu uso e sua IDA.

### BHT

O BHT apresenta baixa toxicidade aguda. Embora cause irritação à pele, conforme estudos realizados com porcos, o composto não parece causar irritação após ingestão no níveis de uso permitidos em alimentos. Em estudos de exposição aguda realizados com camundongos, o BHT demonstrou efeitos tóxicos nos pulmões, incluindo hiperplasia, hipertrofia e uma desorganização geral dos constituintes celulares.

Os resultados obtidos em estudos de interação do BHT com compostos carcinogênicos mostraram que o antioxidante pode inibir ou potencializar a atividade carcinogênica destas substâncias, de acordo com a espécie animal envolvida, o carcinógeno testado, o órgão alvo examinado e também quanto momento em que o BHT é administrado em relação ao

carcinógeno. De maneira geral, quando o BHT é administrado antes ou ao mesmo tempo que o composto carcinogênico, a incidência de tumores é reduzida e, se administrado após o carcinógeno, a incidência de tumores aumenta.

### TBHQ

O TBHQ apresenta uma baixa toxicidade aguda e, embora em estudos realizados com porcos tenha apresentado uma discreta irritação à pele, não é considerado um composto irritante, ingerido nos níveis permitidos em alimentos. Algumas evidências indicam que o TBHQ apresenta um baixo potencial genotóxico podendo ser discretamente mutagênico em altas doses.

Os antioxidantes não podem reverter o processo oxidativo e nem prevenir a rancidez hidrolítica. Para ser empregado em alimentos, o antioxidante deve ser efetivo em baixa concentração (0,01% ou menos), deve atender aos seguintes requisitos: ser compatível com o substrato; não conferir odor ou sabor estranhos ao produto, ser efetivo durante o período de estocagem do produto alimentício, ser estável ao processo de aquecimento e ser facilmente incorporado ao alimento.

Segundo o mecanismo de ação, os antioxidantes podem ser:

Primários (ou bloqueadores) - atuam interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis e/ou reagindo com os radicais livres, formando complexo lipídio-antioxidante que pode reagir com outro radical livre, a exemplo do BHA, os ésteres do ácido gálico, butilhidroquinona, tocoferol e flavonóides;

Secundários (ou complexantes) - atuam retardando a etapa de iniciação da autooxidação, por diversos mecanismos que incluem complexação com metais; sequestro de oxigênio; decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical; absorção da radiação ultravioleta ou desativação do oxigênio singlete.

## **ANTIOXIDANTES NATURAIS**

O interesse pelos antioxidantes naturais teve início nos anos 80 diante da comprovação de efeitos maléficos causados por doses elevadas de BHT, BHA e TBHQ (t-butilhidroquinona) sobre o peso do fígado e marcada proliferação do retículo endoplasmático, entre outras. Como consequência, ênfase foi dada à identificação e purificação de novos compostos com atividade antioxidante, provenientes de fontes naturais, que possam atuar

sozinhos ou sinergicamente com outros aditivos, como alternativa para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e limitar o uso dos antioxidantes sintéticos.

A propriedade antioxidante das especiarias e de outros vegetais se deve principalmente a seus compostos fenólicos.

Os antioxidantes naturalmente presentes nos alimentos podem ser divididos em substâncias nutrientes onde se enquadram as vitaminas A, C, E, os carotenóides, a lecitina entre outras.

### Flavonóides

Estudos utilizando sistema modelo de produtos alimentícios têm demonstrado eficiência de compostos flavonóides como antioxidantes. A quercetina, remetina, campferol, rutina e quercetrina têm sido reconhecidos como os mais efetivos antioxidantes dentre os flavonóides. A quercetina apresentou efetiva inibição da oxidação catalisada por cobre em gordura de porco e em produtos lácteos desidratados. O composto identificado como 2''(3'')-O-glicosilisovetexina, um C-glicosil flavonóide foi isolado de folhas verdes da cevada. Este composto apresentou atividade antioxidante quase equivalente ao  $\alpha$ -tocoferol.

### Ácidos fenólicos

Estão reunidos em dois grupos: derivados do ácido hidroxicinâmico e derivados do ácido hidroxibenzóico. Os primeiros são compostos fenólicos de ocorrência natural, sendo os mais comuns os ácidos p-cumárico, ferúlico, caféico e sináptico; existem nas plantas usualmente na forma de ésteres ou glicosídeos ou ligados a proteínas e outros polímeros da parede celular. No grupo dos derivados do ácido hidroxibenzóico destacam-se os ácidos protocatecuíco, vanílico, siríngico, gentísico, salicílico, elágico e gálico.

### Tocoferóis

São compostos monofenólicos, existentes em vegetais, principalmente em sementes oleaginosas e folhas, exibem atividade antioxidante e de vitamina E. Eles estão agrupados em duas séries de compostos que possuem estrutura química semelhante e recebem o nome genérico de tocóis e tocotrienóis.

Os tocoferóis atuam como antioxidantes primários e a atividade antioxidante decresce do composto  $\delta$  para  $\alpha$ -tocoferol. Como antioxidantes, os tocoferóis atuam seqüestrando radicais livres. A atividade antioxidante dos tocoferóis depende do tipo de alimento a que foi adicionado, da concentração usada, da disponibilidade de oxigênio no sistema, da presença de metais e da presença de compostos sinergistas. Em elevadas concentrações e na presença de

traços de ferro e de sais de cobre os tocoferóis podem atuar como pró-oxidantes. Uma atividade antioxidante satisfatória é conseguida utilizando tocoferol, juntamente com ácido ascórbico, ácido cítrico, alguns aminoácidos, agentes quelantes ou antioxidantes sintéticos.

Os vegetais possuem consideráveis quantidades de diferentes tocoferóis e tocotrienóis em sua fração lipídica.

Para o emprego efetivo das substâncias se faz também necessário a otimização dos processos de extração e isolamento dos compostos bioativos a partir de fontes naturais tendo em vista obter isolados que exibam maior atividade que o extrato bruto.

## UNIDADE IV

### **BIOQUÍMICA DO LEITE**

O leite, independentemente da espécie considerada, é um alimento natural quase completo do ponto de vista nutricional por conter proteína, lipídeos, carboidratos, sais minerais e vitaminas. Isto tornou o leite de vaca ou de outras espécies, conforme a disponibilidade local ou hábito cultural, uma importante fonte alimentar para pessoas de todas as idades.

Deve-se salientar, contudo, que o leite natural tem um conteúdo relativamente baixo de ferro e cobre e das vitaminas D e C, esta última sendo ainda destruída pelo processo de pasteurização.

Considerando-se apenas os aspectos nutricionais para as crianças, o leite de vaca pode substituir o leite materno se for apropriadamente diluído com água para compensar as diferenças nas concentrações de proteína e sais minerais entre os leites de vaca e humano, e adicionado de lactose ou sacarose, pelo mesmo motivo, mas refletindo a maior concentração relativa de carboidrato no leite humano.

A aparência branca "leitosa" característica do leite deve-se em parte à presença de gordura emulsificada e em parte à presença de caseinato de cálcio, sal formado entre íons  $\text{Ca}^{++}$  e caseína, a proteína mais abundante do leite. A presença de pigmentos como caroteno e xantofila podem dar tom amarelo ao leite de vaca. A composição do leite de uma espécie pode variar consideravelmente em função da alimentação da lactante e do tempo decorrido desde o início da lactação, já que esta sofre controle hormonal.

O pH do leite fresco fica em torno de 6,66,8 e quando não esterilizado pode se acidificar pela fermentação por microorganismos.

Vários derivados do leite são produzidos industrialmente ou artesanalmente, cujas propriedades nutricionais dependem das frações do leite que predominam no produto. Na manteiga e no creme de leite predominam as gorduras do leite enquanto em alguns queijos (ex. prato) há enriquecimento de proteínas e gorduras. O processo de fabricação da ricota faz com que ela tenha conteúdo relativamente alto de proteínas e baixo dos outros componentes do leite. Existem tabelas especializadas que discriminam os percentuais da composição de laticínios, informando ainda as cal/g correspondentes.

Todas as espécies de mamíferos produzem leite com o propósito de que este composto sirva de alimento principal para sua prole nos seus primeiros dias ou meses de vida.

Entretanto, o leite servirá de alimento para o homem por toda sua vida, sendo utilizado puro ou nas diversas receitas culinárias.

Uma composição aproximada do leite bovino apresentada na Tabela abaixo.

<b>Compostos</b>	
H <sub>2</sub> O	87,3
Gorduras	3,9
Proteínas	3,3
caseína	2,5
IgM (imunoglobulina) e outras	0,8
Lactose (dissacarídeo = glicose + galactose)	4,6
Minerais (Ca <sup>2+</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cl <sup>-</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Cu <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , outros)	0,65
Ácidos orgânicos	0,18

Estão presentes também enzimas (peroxidase, catalase, fosfatase, lipase), gases (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) e vitaminas (A, D, C, tiamina, riboflavina, outras).

A composição pode variar segundo as condições climáticas e geográficas, e com a dieta de cada mamífero.

Vamos rever neste espaço as principais biomoléculas (lipídeos, carboidratos e proteínas) e associá-las ao leite.

### Minerais

O leite apresenta uma composição de sais minerais distinta da encontrada no plasma, fruto da atividade secretória das glândulas mamárias. As concentrações de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> no leite tem valores significativamente abaixo dos encontrados no plasma, ao contrário daquelas para Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup> e PO<sub>4</sub>, que são consideravelmente superiores.

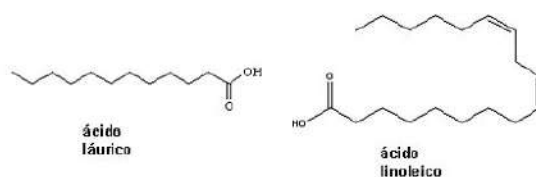
O leite é a fonte mais abundante em Ca<sup>++</sup> dentre os alimentos comuns, e a utilização deste elemento é favorecida pela presença de PO<sub>4</sub> no leite em proporções ideais. Lembrar que 99% do Ca<sup>++</sup> nos vertebrados encontra-se no esqueleto ósseo, cuja composição mineral é predominantemente de Ca<sup>++</sup> 3(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Os conteúdos de Fe<sup>++</sup> e Cu<sup>++</sup> no leite são relativamente baixos, talvez insuficientes para suprir as necessidades de crescimento da criança após alguns meses de idade. Crianças e animais de experimentação nutridos exclusivamente com leite desenvolvem anemia característica por falta deste elementos.

### Lipídeos

As gorduras do leite são principalmente triacilgliceróis, dispersos na forma de emulsão, correspondendo a 3,55 % da composição do leite de vaca e a 34 % do humano. No leite de vaca são encontrados nos triacilgliceróis ácidos graxos saturados com cadeias de 4 a 18 carbonos e alguns insaturados, com predominância dos ácidos oleico (insat; 32%),

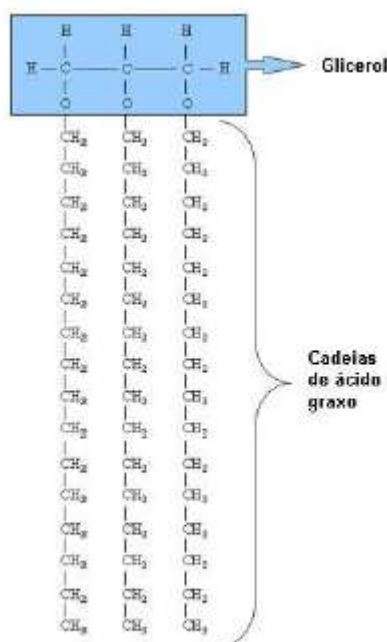
mirístico (20%), palmítico (15%), esteárico (15%) e láurico (6%). O leite humano tem composição semelhante, com exceção dos ácidos graxos de cadeias C4C10. Pequenas quantidades de colesterol e fosfolípidos estão presentes no leite. A composição do leite de vaca pode variar com a estação do ano, alimentação e raça do gado.

Gorduras e óleos são insolúveis em água, devido ao seu caráter hidrofóbico, e solúveis em solventes orgânicos (como clorofórmio) e em detergentes. São derivados de ácidos graxos, cuja cadeia carbônica pode ser saturada (ligação simples entre átomos de carbono) ou insaturadas (com dupla ligação). Dois ácidos graxos são mostrados na Figura 1.



**Figura 1** - Estrutura de dois ácidos graxos, o ácido láurico (cadeia saturada) e o ácido linoleico (insaturada). Nota-se a longa cauda hidrofóbica nessas estruturas, o que faz com que sejam insolúveis em água.

Os triacilgliceróis (também chamados triglicerídeos), moléculas compostas de uma molécula glicerol ligada a três ácidos graxos (Figura 2). Perfazem 98,3% dos lipídeos do leite.



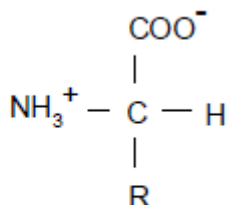
**Figura 2** - Estrutura do triacilglicerol.

Outras classes de lipídeos presentes no leite são os fosfolípidos (0,8 %) (com caráter mais hidrofílico que os triacilgliceróis) e o colesterol (0,3 %).

### Proteínas



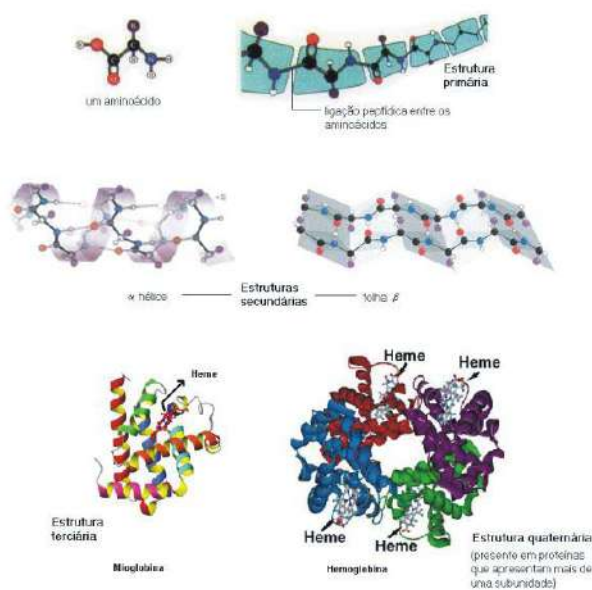
Outra importante classe de biomoléculas são as proteínas, as quais são constituídas por diferentes aminoácidos (unidades de formação das proteínas), constituídos de um grupo amino, um grupo carboxila e um grupo lateral de tamanho variável, ligados a um átomo de carbono (Figura 3).



**Figura 3** – Fórmula geral de um aminoácido.

Seqüências diferentes de aminoácidos, os quais são ligados através das ligações peptídicas, formam diferentes proteínas. As diferentes interações que podem ocorrer entre os grupos laterais dos resíduos de aminoácidos formadores de uma proteína induzem à conformação dessa proteína (Figura 4). Muitas proteínas apresentam-se firmemente enroladas em seu estado natural, como um novelo de lã.

Se, de alguma maneira estas interações forem quebradas, sua forma será alterada e sua conformação será perdida. Quando isto ocorre dizemos que a proteína está desnaturada (alguns dos agentes desnaturantes são as variações de pH e temperatura). Na culinária o aquecimento do alimento é um dos principais fatores que causam a desnaturação de uma proteína. Entre as proteínas presentes no leite, cerca de 80% correspondem à caseína.



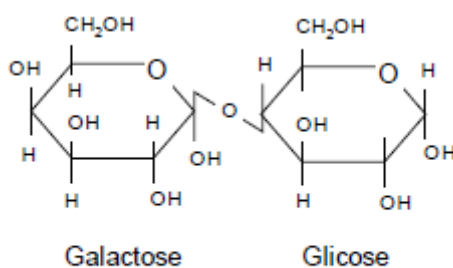
**Figura 4** – Estrutura das proteínas.

O leite materno contém de 1 a 1,5% de proteínas, comparado a 3,3 % no leite bovino. As proteínas encontradas no leite humano e no leite bovino são diferentes estrutural e qualitativamente. Do total de proteínas no leite humano 80% é lactoalbumina (no leite bovino essa proporção é para a caseína). Ocorrendo baixa concentração de caseína no leite humano, há formação de coágulo gástrico mais leve, facilidade de digestão e esvaziamento gástrico com tempo reduzido no bebê.

Carboidratos

Outra biomolécula presente no leite importante de ser mencionada é o carboidrato lactose, um dissacarídeo (Figura 5), formado pelos monossacarídeos galactose e glicose. Os carboidratos encontram-se em maior abundância na natureza e entre suas funções destaca-se sua utilidade como fonte e reserva de energia, como componente estrutural e como matéria prima para outras biomoléculas.

Para serem absorvidos no intestino delgado, os dissacarídeos precisam ser hidrolisados a monossacarídeos; a ausência ou baixa atividade de lactase em indivíduos adultos de certas etnias resulta na síndrome de intolerância à lactose (dor de barriga, flatulência, diarreia) após ingestão de leite. Os sintomas são decorrências do acúmulo deste açúcar na luz intestinal, que é acompanhado por retenção osmótica de água (diarreia) e fermentação por microorganismos da flora (flatulência, etc). Obs.: a síndrome de intolerância ao leite é de natureza alérgica, frequentemente associada à sensibilidade a  $\beta$ lactoglobulina.

**Figura 5** – Estrutura da lactose

A lactose representa cerca de 4,8 a 5,2% do leite. Sua molécula pode sofrer hidrólise pela ação da enzima lactase ( $\beta$  - D- galactosidase), ocorrendo separação dos dois monossacarídeos.

Vitaminas

O leite é uma fonte rica em vitamina A e riboflavina (B2) e contém quantidades menores de tiamina (B1), pantotenato, niacina (B3), vitamina D e ascorbato (Vit. C).

### Colostro

O leite colostrado, produzido nos primeiros poucos dias após o parto, difere marcadamente do leite em decorrência de um maior conteúdo de proteína, principalmente imunoglobulinas (anticorpos). O leite de vaca contém ~ 4% de proteína, dos quais 80% corresponde à caseína, enquanto o colostro tem até 20% de proteína devido às imunoglobulinas. Os bovinos adquirem imunidade passivamente por absorverem anticorpos do trato gastrointestinal nos primeiros dias de vida, o que parece não acontecer com os humanos que se beneficiariam dos anticorpos do colostro (e do leite materno) apenas pela proteção contra infecções e toxinas presentes no trato gastrointestinal. O aumento no conteúdo de proteínas no colostro humano não é tão pronunciado como nos bovinos. O colostro apresenta 50100 vezes mais  $\beta$ -caroteno (precursor de vitamina A) que o leite e ainda concentrações maiores de riboflavina, niacina e outras vitaminas. A composição do colostro faz com que ele tenha uma aparência amarela alaranjada, e acredita-se que tal composição contribua para aumentar as chances de sobrevivência do recém nascido.

## **BIOQUÍMICA DO PÃO**

O pão é presença cotidiana e obrigatória em todas as mesas, sendo o alimento mais consumido pela humanidade, principalmente no Ocidente. No entanto, muitas vezes não lhe damos a merecida atenção e o acusamos de fazer engordar, quando, na realidade, é um alimento rico e nutritivo. O pão acompanha a humanidade desde milhares de anos antes de Cristo, sendo um dos primeiros alimentos produzidos pelo homem.

A maioria dos pães é feita pelo aquecimento de uma massa composta basicamente de três ingredientes básicos:

- Líquido – historicamente usa-se apenas água, mas algumas receitas também utilizam leite, iogurte, vinho ou cerveja;

- Farinha – comumente é empregada a farinha de trigo por possuir um sabor agradável e conter uma grande quantidade dos ingredientes chave para produção de pães que consumimos normalmente. Outras farinhas utilizadas são feitas de cevada, centeio, milho, arroz, aveia, soja ou batatas.

- Fermento – para o fabrico dos pães geralmente são empregadas leveduras, microorganismos capazes de levar o pão propiciando uma consistência fofo e macia.

No entanto, existem alguns tipos de pães denominados "não-fermentados" que não possuem fermento na massa e que caracteristicamente são secos e duros. Alguns tipos mais comuns são os biscoitos de água e sal, o pão crocante de centeio da Suécia e o matzota judaico.

Para compreendermos bioquimicamente o nosso querido pãozinho francês (e todos os outros tipos de pães fermentados) vamos começar estudar a composição e importância de cada um de seus ingredientes chave: a farinha e o fermento.

### Farinha de trigo

Atualmente a farinha de trigo é produzida através de moagem dos grãos de trigo até a obtenção de um pó fino. Em algumas farinhas a película que envolve o grão é removida (farinha de trigo branca), enquanto em outras é mantida (farinha integral e a escura). Dependendo da origem do grão e do processo de moagem, a composição química da farinha de trigo pode sofrer alterações, porção a composição média encontra-se discriminada na tabela abaixo:

**Tabela 1** - Composição química de um pão francês de 100g

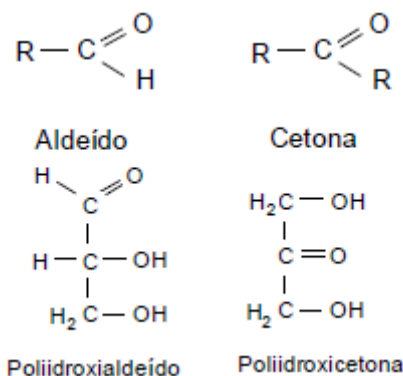
	% em massa
Amido	65 a 70
Proteínas	8 a 14
Água	13 a 15
Outros açúcares	2,5
Celulose e gordura	1
Substâncias minerais	0,5

Podemos observar que a substância mais abundante na farinha de trigo é o amido, mas o que é o amido??

O amido pertence a classe de compostos orgânicos denominada carboidratos, também são conhecidos como açúcares, sacarídeos, glicídios, oses, hidratos de carbono. Literalmente a palavra carboidrato significa carbono hidratado, devido à composição química geral destes compostos  $C_n(H_2O)_n$ . Certos carboidratos (açúcar comum e amido) são a base da dieta na maior parte do mundo. Estruturalmente, os carboidratos podem ser vistos como aldeídos polihidroxilados (poliidroxialdeído) ou cetonas polihidroxiladas (poliidroxicetona); ou, ainda, compostos que, pela hidrólise, podem se transformar nestes.

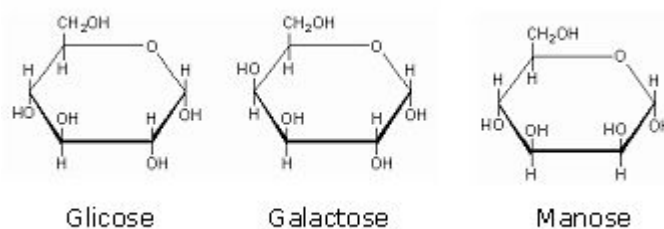
Aldeído: a carbonila ( $=O$ ) está ligada há extremidade da cadeia carbônica.

Cetona: a carbonila ( $=O$ ) está ligada a dois outros carbonos.



Os carboidratos podem ser agrupados em três grandes grupos: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.

Os monossacarídeos são os carboidratos mais simples, constituídos por apenas uma unidade de açúcar. Os mais comuns são: a glicose, a frutose e a galactose, que possuem a mesma fórmula molecular:  $C_6H_{12}O_6$ , com estruturas químicas diferentes, isto é, são isômeros. A frutose e a glicose são encontradas em frutas e no mel e a galactose no leite dos mamíferos. O sabor de cada um também é diferente. Sabe-se que o doce do açúcar depende grandemente da posição dos grupos  $-OH$  que compõe a estrutura molecular.



Quando duas moléculas de um açúcar simples se unem elas formam um dissacarídeo. A sacarose, por exemplo, é um dissacarídeo formado por uma unidade de frutose e outra unidade de glicose. Os monossacarídeos (ou dissacarídeos) também podem combinar-se e formar macromoléculas com longas cadeias (com mais de 10.000 unidades de açúcares) denominadas polissacarídeos ou polímeros de carboidrato. Mais de uma centena de tipos foram identificadas, mas os mais comuns são a celulose e o amido produzidos por plantas, e o glicogênio produzido por células animais. Estes três polissacarídeos são formados por monômeros de glicose.

Polímero: molécula formada por várias unidades menores ligadas entre si de modo organizado. Os polímeros podem ser lineares ou ramificados e podem conter um tipo de unidade (monômeros) ou mais tipos de unidades estruturais.

As diversas proteínas presentes na farinha podem ser classificadas como solúveis (como por exemplo, as albuminas, globulinas e amilases) e as insolúveis (como as gliadinas e gluteninas). Dentre as proteínas solúveis a amilase é a mais importante, pois esta proteína é capaz de catalisar a liberação de glicose do amido, transformando gradativamente o polissacarídeo em monossacarídeos.

Catálise – aumento da velocidade de uma reação química, com a conseqüente diminuição do tempo necessário para a formação dos produtos finais.

As proteínas insolúveis em particular possuem uma importância única para a fabricação do pão. Ao juntarmos a farinha e a água para fazermos o pão, as moléculas de proteínas se apresentam com a estrutura nativa, ou seja, enoveladas através de interações químicas intramoleculares como pontes de hidrogênio, interações hidrofóbicas ou pontes dissulfeto. No entanto, conforme vamos amassando a massa ocorre a separação das diversas proteínas insolúveis que vão progressivamente se desenrolando e tendem a se alinhar. Estas cadeias protéicas desnaturadas tendem a formar novas interações intermoleculares, gerando

uma rede protéica denominada glúten. é a formação do glúten que torna a massa elástica, adequada para a produção do pão fermentado.

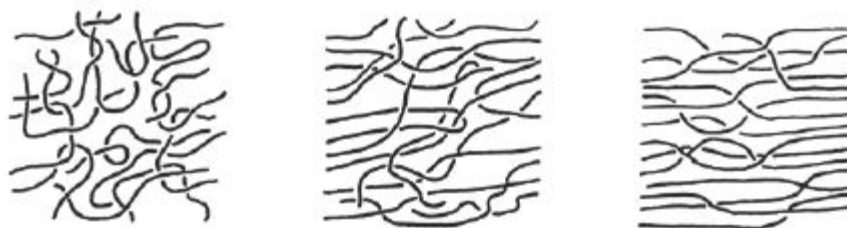


Figura: Três estágios distintos das proteínas insolúveis na massa de pão. Na primeira figura à esquerda temos a situação inicial e na da direita a rede de glúten já formada.

O glúten também apresenta uma importância química, pois é capaz de desencadear uma doença denominada Doença Celíaca. Esta doença afeta mais de 300 mil brasileiros e é caracterizada pela intolerância ao glúten, especificamente à glutenina, uma proteína encontrada no trigo, aveia, cevada, centeios e seus derivados. Pacientes portadores da doença celíaca produzem anticorpos contra a glutenina, fazendo com que o sistema imunológico reconheça e ataque as células do intestino delgado, atrofiando-o.

### **Fermento para pães – Leveduras**

Antes de começarmos diretamente com o papel das leveduras para o fabrico dos pois vamos fazer uma pequena introdução histórica sobre estes incríveis seres.

A levedação do pão e a fermentação alcoólica são claramente os primeiros processos biotecnológicos utilizados de que se tem notícia. Muito antes do ser humano ter cunhado esse termo, a transformação de farinha e água em um pão macio e saboroso, do suco de uva em vinho, e da cevada e centeio em cerveja já era realizada há milênios de pela humanidade, tanto para nutrição quanto para diversão.

Biotechnology é o conjunto de conhecimentos científicos e técnicos que compreendem processos, ou produtos, que utilizem entidades vivas ou nela produzam modificações. Mesmo beneficiando-se da ação desses microrganismos há muito tempo, na produção de alimentos, foi somente por volta de 1857 que Louis Pasteur em seus trabalhos sobre os processos “fermentativos” observou o papel causal destes seres microscópicos. Alguns historiadores descrevem essas demonstrações iniciais como o início da Bioquímica.

As leveduras são um tipo de fungo unicelular (eucariotos pertencentes ao reino Fungi). A levedura mais utilizada na produção de massas, como o pão, é a *Saccharomyces cerevisiae*. Já para a produção de bebidas alcoólicas são utilizadas outras espécies cuja utilização gera

compostos interessantes para a criação de seus sabores característicos, mas são predominantemente do mesmo gênero, *Saccharomyces* (p.ex. *S. calnsbergensis*, na produção de cervejas).

Além dessas podemos ainda citar outras leveduras importantes na indústria alimentícia: *S. flageles* e *S. lactis* - fermentação da lactose; *S. rouffii* e *S. mellis* osmofílicas - frutas secas, xaropes e geléias; *S. baillie* - fermentação de sucos (cítricos); *Torulopsis* osmofílica - leite condensado; *Cândida* - leite e derivados.

Também existem as leveduras importantes no processo de deteriorização de diversos alimentos, tais como a *Rodotorula* - em pickles, chucrutes e carnes; *Picchia*, *Hansenula*, *Debaryomyces*, *Thricosporum* - em pickles com produção de película, oxidando o ácido acético e alterando o sabor e *Debaryomyces* – em carnes, queijo e salsichas.

Inicialmente, podemos descrever que as células de levedura para sua função culinária (e biológica!) metabolizam os nutrientes contidos nas matérias-primas utilizadas (farinha, suco de uva e cevada) para obtenção de energia.

Metabolismo: conjunto de reações químicas existentes em um organismo que em conjunto são responsáveis por manter a homeostase (manutenção do organismo).

Em condições com alta disponibilidade de glicose livre e na presença de oxigênio, as leveduras respiram consumindo açúcares simples e produzindo água e dióxido de carbono gasoso (CO<sub>2</sub>), responsável pelas bolhas de gás que levam à textura fofa característica das massas. Entretanto, elas também são capazes de sobreviver facultativamente sem oxigênio atmosférico. Assim ao invés de respirarem, obtêm energia por um processo chamado fermentação, onde a glicose é transformada em subprodutos diferentes de CO<sub>2</sub>. É claro, em ambos processos, as células obtêm energia com eficiências diferentes, para a realização de suas funções primordiais. São várias as reações químicas que deixam o alimento marrom, ou escurecido. Pirólise, por exemplo, é um dos mais comuns: quando deixamos o pão por muito tempo na torradeira, ele volta preto, queimado; bioquimicamente o que ocorre é uma desidratação do amido induzida termicamente, resultando em carbono (carvão) e água.

Uma outra reação é a caramelização, que ocorre quando o açúcar é aquecido a mais de 200°C. Nestas condições o carboidrato sofre uma série complexa de decomposições e, como cada molécula possui numerosos átomos de oxigênio, são possíveis os rearranjos. As moléculas se quebram, e pequenos fragmentos voláteis, como a acroleína, ou evaporam ou então se dissolvem na massa e lhe dá seu gosto. Além disso, vários polímeros são formados.



Alguns polímeros são amargos e dá a cor marrom. Se for aquecido ainda mais, ele adquire tons cada vez mais escuros. Se o processo não for interrompido o açúcar se decompõe em vapor d'água e carbono. A palavra caramelizar é usada para o douramento de diversos tipos de alimentos, mas, no sentido restrito da palavra, caramelizar significa o douramento induzido pelo calor de um alimento que contenha açúcares e não proteínas. Quando o açúcar aquecido na presença de proteína, a reação é outra: reação de Maillard. Esta reação foi primeiramente descrita em 1912, por Louis-Camille Maillard – daí o nome da reação. O aldeído do açúcar reage com o grupo amino das proteínas e várias reações subseqüentes formam polímeros de coloração vermelha e marrom e substâncias químicas que dá o gosto acentuado. Essas reações são responsáveis pelo sabor agradável do dourado da crosta do pão, bem como carnes grelhadas e assadas (as carnes contém açúcar).

A reação de Maillard também é responsável pelo envelhecimento de nosso organismo. Muitos químicos vão pesquisando drogas que interrompam as reações de Maillard numa tentativa de minimizar os efeitos do envelhecimento em nosso corpo.

## BIOQUÍMICA DA CARNE

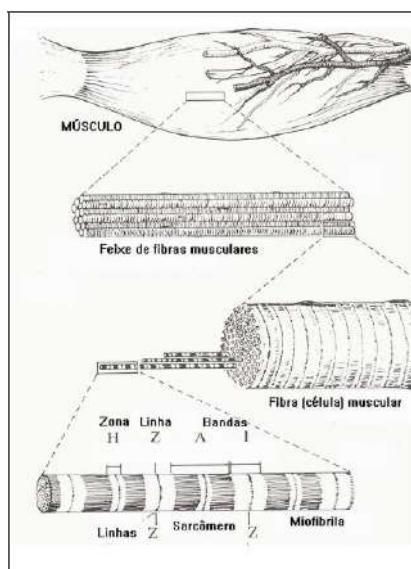
A carne é uma de nossas principais fontes de proteína. O conhecimento da estrutura e dos constituintes da carne, bem como das reações bioquímicas que ocorrem no músculo, é necessário para entendermos os diferentes modos de preparo e os valores nutricionais.

O principal componente da carne é o músculo, cuja composição está apresentada na Tabela abaixo.

**Tabela 1** – Composição porcentual média do músculo em massa.

<b>Compostos</b>	
H <sub>2</sub> O	60
Gorduras	1,5-13
Proteínas	16-22
Substâncias nitrogenadas não-proteicas (ATP, ADP, NAD <sup>+</sup> , creatina, aminoácidos, uréia, e outras)	1,5
Carboidratos (glicose, glicogênio)	1,0
Minerais (Ca <sup>2+</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cl <sup>-</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Cu <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , outros)	1,0

Os músculos são formados por feixes paralelos de numerosas células muito longas, as fibras musculares, cuja membrana plasmática chama-se sarcolema. O citoplasma dessas células contém centenas de filamentos contráteis organizados em paralelo, as miofibrilas, as quais são constituídas por dois tipos de filamentos protéicos: filamentos grossos (miosina) e filamentos finos (actina), que são responsáveis pela contração e relaxamento muscular (Figura abaixo).



Sarcômero é a menor unidade estrutural e contrátil das miofibrilas, compreendida entre duas linhas Z, formada por uma banda A (escura), onde se sobrepõem miofilamentos de

miosina e de actina, e duas meias bandas I (clara), onde se encontram os miofilamentos de actina e proteínas reguladoras da contração e relaxamento muscular (troponina e tropomiosina).

Existem dois tipos de fibras musculares, que utilizam vias metabólicas diferentes para obter energia: as fibras “lentas” que necessitam de oxigênio para operarem (portanto, condições aeróbicas), e as fibras “rápidas”, que não precisam de oxigênio. Os músculos aeróbicos podem utilizar carboidratos (glicogênio, em geral) e lipídios para obterem energia. Os músculos anaeróbicos usam apenas carboidratos. A proteína mais abundante do organismo animal é o colágeno (entre 20 e 25% do total de proteínas, estando presente também a reticulina e a elastina), uma fibra extracelular que influi na maciez da carne. O colágeno é praticamente inextensível e incolor, porém quando forma agregados apresenta a cor branca caracterizando os tendões. As moléculas de colágeno fazem ligações cruzadas entre si o que confere a característica insolúvel e resistente à tensão. O número destas ligações cruzadas e sua estabilidade aumentam com a idade do animal, assim os animais jovens possuem um colágeno que se rompe mais facilmente e também mais solúvel. A estrutura desta proteína rompe-se por aquecimento, dando origem a gelatina, uma proteína mais solúvel.

Fibras, como aquelas encontradas em grãos, hortaliças e frutas, não estão presentes na carne, a qual é também praticamente desprovida de carboidrato. Mas é considerada um alimento de alto valor nutritivo pela quantidade de proteínas presente. É uma ótima fonte de lipídios essenciais, vitaminas do complexo B (como a B12, ou cobalamina, encontrada apenas em produtos de origem animal), ferro e zinco. As proteínas da carne apresentam um perfeito equilíbrio de aminoácidos essenciais (ou seja, os que não são sintetizados pelo nosso organismo e precisam ser obtidos a partir da alimentação); ovos, leite e derivados são também fontes de proteínas completas.

A quantidade de carboidratos na carne é desprezível pelo fato de que apenas 1% de glicogênio (um polissacarídeo composto por unidades de glicose) é encontrado na musculatura dos animais recém-abatidos, por ser transformado em lactato em poucas horas. Representando 50 % do total de gorduras nos cortes de carne bovina estão os ácidos graxos saturados; os insaturados (em maioria os monoinsaturados) representam à parcela restante. Não é verdade, portanto, a idéia amplamente difundida há vários anos de que os lipídios da carne são gorduras saturadas, gerando a informação de que as gorduras saturadas da carne podem levar as doenças cardiovasculares, pelo aumento do colesterol sanguíneo. Sabe-se hoje

que apenas 30% do total da gordura bovina são constituídos por ácidos graxos (palmítico e mirístico) que podem causar a elevação do nível de colesterol do sangue. Portanto, pode-se dizer que as gorduras presentes na carne encontram-se em proporções adequadas para as necessidades humanas (crescimento, manutenção e suprimento energético). Além disso, podemos controlar a quantidade de gorduras da carne que queremos ingerir, pois elas se encontram presentes na superfície dos cortes, podendo ser retiradas.

Durante o aquecimento das carnes, à medida que os músculos se contraem devido. As mudanças na estrutura da proteína, que está sendo desnaturada, a carne torna-se. Mais dura. Podemos imaginar o que pode levar a este “endurecimento” da carne? O calor que flui para o interior da carne durante a cocção o faz com que mais Proteínas sejam desnaturadas, levando, portanto a uma maior rigidez das fibras. Musculares. Mas por outro lado, não é possível mastigarmos as hélices triplas de. Colágeno presentes na carne, dada a sua rigidez, mas sendo desnaturadas em. Temperatura acima de 60oC torna-se uma gelatina macia. Diante desses dois importantes fatos que ocorrem durante a cocção o, deve-se perceber que tanto um.

Aquecimento muito elevado das fibras musculares quanto um aquecimento insuficiente.

Para desnaturar o colágeno resultam em uma carne dura. Deve-se, portanto procurar. Um meio termo para serem atendidos os dois requisitos. O componente em maior proporção na carne é a água, que dentre todas as. Moléculas apresentadas como componentes das carnes, é a mais simples. Qual seria A função da água na carne? Vamos pensar no corte da carne, no seu processo de cocção e também no seu congelamento. Quando um pedaço de carne é cortado, um pouco de água é liberado, mas a. Maior parte das moléculas de água fica presa por algumas proteínas da carne. Ao serem desnaturadas as proteínas, partes dessas moléculas podem escapar e começam. A fluir da carne (isso pode ser facilmente observado quando refogamos carne moída). (Ou pedacinhos de carne). Se essa água for significativamente perdida, a carne. Adquirirá um aspecto muito seco. Durante o congelamento de carne crua, há transformação da água em cristais. De gelo, o que pode liberar as moléculas de água aprisionadas nas proteínas, e. Quando houver o descongelamento, a água escapará mais facilmente. Mas podemos imaginar o que dá cor às carnes?

Por que existem carnes brancas e Vermelhas?

Podemos introduzir neste ponto a diferença entre duas moléculas presentes no Organismo que funcionam como transportadoras de oxigênio, mas possuem afinidades. Diferentes pela molécula de oxigênio: hemoglobina e mioglobina.

Mioglobina:

- Uma molécula relativamente pequena,
- Atua nas células musculares no transporte e no armazenamento de oxigênio. Para a oxidação dos nutrientes celulares nas mitocôndrias.

- Contém uma única cadeia polipeptídica e um grupo heme, ao qual está ligado um átomo de ferro em seu estado  $Fe^{2+}$  (ferroso) – este grupo é responsável pela cor marrom-avermelhada da mioglobina e da hemoglobina.

- Possui uma afinidade muito maior pelo oxigênio que a hemoglobina.

Hemoglobina:

- Constituída por quatro cadeias polipeptídicas e quatro grupos heme, no qual os átomos de ferro também está na forma ferrosa.

- Presente nas hemácias, é responsável pelo transporte de oxigênio no sangue – o oxigênio é muito pouco solúvel no plasma, daí a necessidade de se utilizar a hemoglobina como carregadora.

- No sangue arterial a hemoglobina está cerca de 98 % saturada com oxigênio, no sangue venoso está apenas 64 % saturada; portanto, tem uma afinidade muito menor pelo oxigênio que a mioglobina.

Dentre muitos fatores que contribuem para a conservação da carne, e que se não forem levados em consideração podem levar à sua deterioração, estão a atividade da água e a umidade relativa, que serão considerados neste item.

A atividade da água ( $A_a$ ) é expressa como a relação entre a pressão de vapor da solução e a pressão de vapor do solvente (no caso, a água). Com isso determina-se a quantidade de água livre (não comprometida por ligações a íons, por exemplo) presente no alimento. Este fator determinará a possibilidade de um determinado microorganismo (levedura, bolor, fungo e bactéria) se desenvolver em determinado alimento. Solutos como o sal e o açúcar, tendem a diminuir a quantidade de água disponível para o desenvolvimento do microorganismo, pelo aumento da pressão osmótica. Alimentos ricos em água como as carnes, sofrem deterioração rapidamente, sendo, portanto, classificados como produtos perecíveis, necessitando de etapas de conservação a partir do abatimento.

Outro fator, a umidade relativa (UR), pode alterar a atividade da água do alimento, alterando, portanto sua susceptibilidade ao ataque microbiológico. A carne fresca, com alta Aa, quando colocada em um ambiente com baixa UR, perde água, ocorrendo ressecamento de sua superfície.

Um dos métodos mais utilizados na conservação da carne é o congelamento. O processo de congelamento, quando feito em casa, deve seguir algumas normas de higiene e atender a alguns fatores que podem interferir na qualidade e na conservação da carne, e o primeiro deles é o aspecto da carne no ato da compra (as características da carne serão abordadas adiante).

Poucas alterações na carne são obtidas se o congelamento for rápido, pois desse modo garante-se a maciez da carne, não ocasionando grandes danos ao tecido muscular e evitando a formação de cristais de gelo grandes a ponto de romper as células do tecido muscular. Esses cristais podem alterar a suculência da carne. Isso implica no congelamento de porções pequenas de carne, geralmente divididas para o uso no dia-a-dia, pois grandes pedaços levam um tempo maior para congelar.

Deve-se também estar atento ao congelamento da carne moída, pois esta se deteriora mais rápido. Por passar por um processo no qual há quebra das fibras em partículas pequenas, aumenta-se a área do alimento exposta a fatores de deterioração, como os microorganismos. Preferencialmente este tipo de carne deve passar pelo processo no ato da compra e logo ser embalado, pois isto diminui os riscos de contaminação.

Estando congelada, a carne deverá ser descongelada para consumo seguindo novamente alguns passos, que garantirão um alimento nutritivo à mesa. O descongelamento ideal é aquele feito de maneira gradual, natural e no interior do refrigerador (lembrando sempre que a exposição da carne ao ambiente pode levar a um comprometimento microbiológico, ou seja, crescimento bacteriano).

O sal seco tem a capacidade de retirar a umidade da carne (e também de outros alimentos). Esse na verdade é um dos métodos mais antigos utilizados para a conservação de carne. Como a carne apresenta alto teor de água, sendo coberta com sal sólido, uma parte do sal dissolve-se na umidade superficial, retirando água de dentro da carne para a formação de uma película de solução salina extremamente concentrada; nesta película, quantidade de água é menor do que na célula.

O cozimento dos alimentos torna-se necessário, pois muitos alimentos não seriam apetitosos nem facilmente digeríveis se fossem consumidos da maneira como se apresentam; um exemplo é a batata. Além disso, o cozimento pode destruir toxinas e microorganismos presentes no alimento, podendo modificar também a textura e o sabor.

Qual a diferença entre calor e temperatura?

O conhecimento desses dois conceitos leva-nos a compreender melhor os métodos de cocção. Calor é a energia que flui de um corpo quente para um corpo frio. Temperatura é a medida da forma que o calor fluirá. Se dois objetos de diferentes temperaturas são colocados em contato, haverá fluxo de calor a partir do objeto que apresenta maior temperatura para o que apresenta menor temperatura. O processo ocorre de maneira que os dois objetos alcancem a mesma temperatura; quando isto ocorre, o calor deixa de fluir.

Formas de transferência de calor para o preparo dos alimentos.

Através do processo de condução ocorre a transferência de calor no interior de qualquer sólido. Por exemplo, quando colocamos uma panela no fogão, a parte inferior dessa panela, em contato direto com a chama é aquecida e, à medida que o tempo passa, a distribuição da temperatura se modificará, e parte superior também será aquecida.

Um dos métodos mais utilizados para o aquecimento em culinária é a convecção. Por este processo ocorre a transferência de calor de um fluido (líquido ou gás) para o meio ambiente. O fluido, sendo conservado em movimento, é capaz de absorver calor da fonte que produz esse calor. Na cozinha podemos citar muitos exemplos, entre eles, a circulação do ar aquecido no forno, que promove o aquecimento dos alimentos. Durante uma fritura, o óleo aquecido circula em torno do alimento e, portanto, transfere calor para ele.

Outro método é a radiação (os corpos, quando aquecidos, irradiam calor). Na culinária, essa forma de transferência de calor é observada quando grelhamos uma carne, por exemplo – a superfície do alimento absorve o calor que é irradiado da grelha. Neste tipo de cocção, o interior do alimento é aquecido por condução do calor produzido pela superfície da grelha. A temperatura atingida pela superfície é determinada pela quantidade de energia recebida por essa superfície, a qual depende da distância entre a grelha e o alimento. As microondas também são uma forma de irradiação – as moléculas de água absorvem o calor.

Quando aquecida em microondas, a carne bovina é rejeitada pelos júris de degustação por sua cor externa acinzentada, uniformidade de sua cor interna, dureza e falta de suculência

que resultam num gosto sem graça. Isto tem fundamento? A temperatura das microondas é inferior a 100°C e assim a oximioglobina não é desnaturada, conservando sua cor.

Nós estamos acostumados a comer carne marrom por fora e vermelha por dentro; isso porque o calor do aquecimento conduzido através do ar (assado) ou da água (cozido) para a superfície da carne é reduzido no interior da carne que não conduz bem o calor. A carne deve permanecer no forno até seu interior chegar à temperatura de 70°C para transformar todo o colágeno em gelatina (para quê mesmo?).

O coração do forno microondas é um aparelho chamado magnetron, que emite ondas eletromagnéticas de frequência igual a 896 megahertz (em cada ponto do espaço atravessado por um feixe de microondas, o campo elétrico e o campo magnético oscilam 896 milhões de vezes por segundo). Estas ondas são guiadas por meio de um tubo de alumínio até dentro do forno. Quando o alimento é irradiado por microondas, estas fazem vibrar e girar as moléculas que possuem assimetria elétrica como a água. Estes movimentos das moléculas excitadas perturbam as outras moléculas, não excitadas, de forma que o conjunto é posto em movimento e, assim, aquecido. Progressivamente, as moléculas excitadas se desexcitam por colisão com as moléculas circundantes. Como a maioria dos alimentos contém uma grande quantidade de água, eles são aquecidos porque a água é excitada.

O início da degradação das proteínas ocorre no estômago onde o pH está entre 1,0 e 2,5 devidos à presença do ácido clorídrico, o que promove o desenovelamento das proteínas tornando as ligações peptídicas mais susceptíveis à ação das enzimas hidrolíticas (pepsina), transformando assim a longa cadeia polipeptídica em uma mistura de peptídeos menores. Ao serem transferidas para o intestino, encontram um pH em torno de 7, provocado pela liberação de bicarbonato pelo pâncreas. Lá as enzimas proteolíticas tripsina e quimiotripsina (também liberadas pelo pâncreas) clivam os fragmentos peptídicos, ocorrendo também a atuação das enzimas carboxipeptidase e aminopeptidase, localizadas nas membranas do epitélio intestinal. Os aminoácidos liberados com estas clivagens são transportados através das paredes

Do intestino para o sangue.

No metabolismo de degradação dos aminoácidos há a remoção (desaminação) e excreção do grupo amina (na forma de uréia) e a oxidação das vinte cadeias carbônicas resultantes, sendo convertidas a compostos comuns ao metabolismo de Carboidratos e lipídeos: o piruvato (glicólise e gliconeogênese), acetil-Coa e intermediários do ciclo de Krebs. Certos aminoácidos exercem também a função de serem precursores de importantes



biomoléculas, como nucleotídeos, o grupo heme, a glutathiona (um tripeptídeo com função redutora que pode auxiliar na remoção de peróxidos tóxicos formados durante o metabolismo), hormônios e neurotransmissores (dopamina, norepinefrina, epinefrina, aminobutirato (GABA), histamina e serotonina).

## UNIDADE V

### **TRANSFORMAÇÕES BIOQUÍMICAS APÓS COLHEITA DE FRUTAS E VEGETAIS**

Ao contrário dos produtos de origem animal, como o leite ou a carne, frutas e hortaliças continuam vivas depois de sua colheita, mantendo ativos todos seus processos biológicos vitais. Devido a isso e por causa do alto teor de água em sua composição química, frutas e hortaliças são altamente perecíveis. Para aumentar o tempo de conservação e reduzir as perdas pós-colheita, é importante que se conheça e utilize as práticas adequadas de manuseio durante as fases de colheita, armazenamento, comercialização e consumo.

No Brasil, estima-se que entre a colheita e a mesa do consumidor ocorrem perdas de até 40% das frutas e hortaliças produzidas. A maioria ocorre devido ao descuido, a má-conservação e a falta de conhecimento das medidas específicas que poderiam ser tomadas para evitar o estrago. Além de prejudicar a competitividade agrícola, estas perdas poderiam estar alimentando parte da população brasileira que se encontra faminta e fortemente desnutrida.

Para agir contra esta realidade, é imprescindível que se conheçam os fatores biológicos e ambientais que provocam a deterioração pós-colheita de frutas e hortaliças, entendendo que conservar significa manter, e não melhorar, a qualidade de um produto, pelo menos durante um período de tempo.

Um primeiro passo é ter uma noção dos principais processos fisiológicos de uma planta viva.

#### **Respiração**

Do ponto de vista da fisiologia, respiração é o processo pelo qual um organismo vivo troca oxigênio e dióxido de carbono com o meio ambiente. O oxigênio é necessário para a respiração celular, enquanto que o dióxido de carbono é um subproduto do metabolismo e deve ser retirado do organismo.

Com a grande diversidade de organismos multicelulares, entre animais e plantas, existe igualmente uma grande variedade de aparelhos respiratórios, para além de que muitos organismos de pequenas dimensões realizam as trocas gasosas por difusão através da sua epiderme.

#### **Respiração das Plantas**

Entre as "plantas" (de acordo com a taxonomia de Lineu, incluindo algas e fungos), apenas as plantas vasculares têm um verdadeiro "aparelho respiratório" formado por estomas, AGROINDÚSTRIA - Bioquímica dos Alimentos

pequenos orifícios na epiderme por onde entra o ar para os tecidos onde se realiza a respiração celular e a fotossíntese. Os restantes grupos de plantas respiram por difusão dos gases - quer atmosféricos, quer dissolvidos na água - por difusão através da superfície dos seus órgãos.

Os vegetais autotróficos (que realizam a fotossíntese) necessitam de dióxido de carbono para essa função e, por isso, durante o dia solar, absorvem tanto este gás como o oxigênio necessário para a respiração celular; à noite, as plantas verdes consomem oxigênio e expõem dióxido de carbono.

Os fungos, que são heterotróficos, utilizam apenas o oxigênio na respiração e expõem dióxido de carbono.

#### *Raízes*

Ø Substrato: Proveniente da parte aérea, pelo floema.

Ø Formação de novas raízes e absorção e acúmulo de nutrientes minerais

Ø Oxigênio: parte aérea e solo.

#### *Caule*

Ø Câmbio: formação de novas células e crescimento.

#### *Folhas*

Ø Respiração praticamente constante em seu ciclo vital.

Ø Em algumas plantas há um aumento seguido de queda na respiração antes da abscisão.

Ø Ao atingir sua expansão máxima, a via das pentoses-fosfato é mais importante na degradação dos açúcares.

#### *Frutos*

Ø Atividade respiratória intensa nos estágios iniciais da formação, utilizando substratos das folhas vizinhas e de produtos translocados.

Ø Decréscimo gradual da respiração até senescência.

Ø Frutos climatéricos: Aumento da respiração no fim da fase de maturação (relacionado ao etileno).

Ø Climatéricos: Abacate, banana, maracujá, mamão, manga.

Ø Não climatéricos: Uva, limão, laranja, abacaxi, caju, goiaba.

#### *Germinação de sementes*

Ø Exigências: água e oxigênio.

Ø Embebição ® ativação de enzimas hidrolíticas e produção de GA3, que promove a

ativação de outras enzimas hidrolíticas.

Ø Polímeros são hidrolisados para a formação de novas moléculas.

Respiração termogênica: Aumento da respiração seguida pelo aumento na temperatura no espádice, após abertura da espata, volatilizando compostos para atração de polinizadores. Induzida por ácido salicílico.

Ao contrário dos animais e do homem, que são consumidores ou heterótrofos, a planta é capaz de sintetizar seu próprio alimento, sendo por isso chamado de organismo autótrofo, ou produtor. Partindo de nutrientes em sua forma elementar, presentes no ambiente, mais a energia solar e água, as plantas verdes produzem compostos ricos em energia e biologicamente úteis para todos os seres vivos.

De forma simplificada podemos dizer que:

**Energia do sol + gás carbônico do ar + água do solo = glicose (um açúcar rico em energia)**

A esse processo chamamos de fotossíntese. O produto, ou seja, a glicose, é transportada das folhas verdes, onde é produzida, para o restante da planta, servindo de fio condutor para o metabolismo construtivo da própria planta ou de quem dela se alimentar. Resumindo, é do processo da fotossíntese que surge a energia necessária para a vida, a qual é liberada através da respiração.

Nas plantas, a respiração equivale à queima lenta dos compostos ricos em energia, obtidos pela fotossíntese, dos quais um dos mais simples é a glicose. Essa queima leva à transformação e canalização da energia para outras reações vitais da planta. O processo de respiração das plantas pode ser comparado a queima do carbono existente na madeira que fornece energia para aquecer o fogão. Também nos animais e no homem, a respiração serve para queimar lentamente o carbono contido nos compostos orgânicos provenientes da alimentação, mantendo seus corpos aquecidos e fornecendo energia para seu metabolismo.

O processo de respiração da planta pode ser simplificado da seguinte maneira:

**Composto rico em energia + oxigênio do ar = gás carbônico (CO<sub>2</sub>) + água (H<sub>2</sub>O) + energia para a planta**

O que acontece na colheita?

Quando frutas e hortaliças são colhidas pelo homem, elas continuam vivas e suas transformações químicas naturais não param de acontecer. Porém, separadas da planta mãe ou do solo, elas são forçadas a utilizar suas reservas de substrato ou de compostos orgânicos ricos em energia, como açúcares e amido, a fim de respirar e assim produzir a energia

necessária para manterem-se vivas.

De todos os processos metabólicos que ocorrem nas hortaliças e nas frutas, após a colheita, a respiração é o mais importante e pode ser afetado por fatores próprios da planta (internos) ou do ambiente (externos).

Analisando as partes responsáveis pelo processo respiratório, como descritas mais acima, podemos concluir que:

- O consumo de composto rico em energia acarreta na perda de peso seco, valor nutritivo e aroma.

- O consumo de oxigênio do ar ajuda a dar continuidade a respiração e, desta forma, manter a textura e o sabor das plantas. Este fator é controlável, ou seja, reduzindo-se o teor de oxigênio de maneira que a planta continue respirando em nível mínimo, pode-se conservá-la por mais tempo. Porém, na ausência do oxigênio atmosférico, a produção de energia necessária para a vida não cessa, sendo fornecida pelo que chamamos de fermentação. Conseqüência desse processo é a produção de álcoois e gás carbônico que alteram o sabor e causam colapso dos tecidos, levando à deterioração total das frutas e hortaliças.

- A produção de gás carbônico no ambiente onde se encontram as frutas ou hortaliças colhidas pode elevar a concentração do mesmo no interior da planta. Quando em quantidades superiores ao necessário para a fotossíntese, pode chegar a níveis tóxicos, alterando o metabolismo e produzindo álcool e toxinas. Quando controlado, a concentração de gás carbônico atmosférico ajuda a reduzir a taxa de respiração e contribui para a melhor conservação das plantas.

- A produção de água durante a respiração tem pouca influência na conservação.

- A produção de energia é utilizada, em parte, pela planta, para sua manutenção. Outra parte, porém, é liberada para o ambiente em forma de calor. Desta forma, justifica-se a utilização de baixas temperaturas para reduzir a velocidade respiratória, aumentando a conservação dos produtos.

#### Produtos climatéricos e não-climatéricos

Cada espécie cultivada possui uma taxa respiratória característica, diferente da de outras espécies. Em geral, a intensidade de respiração de produtos imaturos é alta, diminuindo com o tempo, com o crescimento e a frutificação das plantas. Ao início da fase de maturação, a taxa respiratória volta a aumentar em algumas espécies. A perecibilidade e o envelhecimento das hortaliças e frutas são proporcionais ao tipo e à intensidade de respiração de cada espécie.

Daí surge a classificação de produtos climatéricos e não-climatéricos.

Produtos climatéricos são aqueles que, logo após o início da maturação, apresentam rápido aumento na intensidade respiratória, ou seja, as reações relacionadas com o amadurecimento e envelhecimento ocorrem rapidamente e com grande demanda de energia, responsável pela alta taxa respiratória.

Exemplos de frutas e hortaliças climatéricas são a banana, goiaba, manga, mamão, caqui, melancia e tomate.

A fim de retardar a maturação e o envelhecimento e aumentar o período de conservação, frutas e hortaliças climatéricas costumam ser colhidas ainda verdes, à partir do momento em que atingem o ponto de maturação. Em seguida são armazenadas em condições controladas.

Produtos não-climatéricos são aqueles que necessitam de longo período para completar o processo de amadurecimento, mais lento nesses produtos. A energia fornecida se mantém em constante declínio durante todo processo de envelhecimento.

Exemplos de frutas e hortaliças não-climatéricas são a laranja, tangerina, uva, berinjela, pimenta, alface, couve-flor, o pepino, limão e o abacaxi.

Produtos não-climatéricos são deixados na planta até atingirem seu estágio ótimo de amadurecimento, quando são colhidos.

#### Fatores internos (relativos à planta) de conservação pós-colheita

O principal fator de influência, intrínseco da planta, fruta ou hortaliça, é a respiração. Além da espécie de produto e do tipo de tecido (jovem ou velho), mencionados acima, existem outros fatores capazes de influenciar a intensidade de respiração de uma fruta ou hortaliça. Assim, produtos com maior conteúdo de água em sua composição respiram mais e se conservam por menos tempo.

A produção de etileno, um hormônio de maturação e envelhecimento de vegetais, ocorre naturalmente durante a fase de amadurecimento dos frutos, principalmente dos climatéricos. O gás etileno também é utilizado pelo homem quando se deseja estimular o amadurecimento de frutos como a banana, o mamão, entre outros.

Outro processo natural que se pode observar em produtos de todas as idades é a transpiração. Frutas e hortaliças possuem de 85 a 95% de água em seus tecidos e aproximadamente 100% em seus espaços intercelulares. Como no meio ambiente a umidade relativa atinge o valor de cerca de 80%, a água passa da maior concentração nas plantas para a

menor concentração no meio ambiente. Isso se dá através da transpiração, a qual, quando em excesso, pode modificar a aparência dos produtos tornando-os enrugados e opacos. Nesse caso, a textura apresenta-se mole, flácida e murcha, e o peso pode diminuir em até 10% do peso inicial. Quanto maior a superfície exposta do produto, maior é a sua taxa de transpiração. Pêlos retardam a perda de água e baixas temperaturas fazem com que estômatos (pequenas aberturas na superfície de algumas hortaliças) se fechem, diminuindo a transpiração. Após a colheita, porém, se abertos, os estômatos não conseguem mais se fechar.

Desta forma pode-se concluir que fatores como aumento da temperatura ambiente ou da ventilação de ar não-saturado de umidade, provocam maior transpiração.

Por ser um processo físico, o controle da transpiração em frutas e hortaliças é considerado relativamente fácil, se respeitadas as condições.

#### Fatores externos (ou ambientais) de conservação pós-colheita

Afetando diretamente a respiração, transpiração e outros aspectos fisiológicos das plantas, a temperatura pode ser considerada como sendo o principal fator externo na conservação das frutas e hortaliças. O quadro abaixo resume as formas como este fator age sobre os produtos alimentícios, em prol ou contra uma boa conservação pós-colheita:

Temperatura	Influência Positiva	Influência Negativa
<b>Aumento</b>	-	A cada aumento de 10°C na temperatura., ocorre um aumento de 2 a 3 vezes na velocidade de deterioração dos produtos
<b>Diminuição</b>	Redução da respiração (= maior tempo de conservação)	Quando a temperatura se encontra abaixo do nível tolerado por cada espécie*, pode ocorrer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda do sabor e aroma</li> <li>• Escurecimento da casca ou polpa</li> <li>• Perda da capacidade de maturação</li> </ul>

A reação negativa à baixas temperaturas é variável quanto a espécie e, em alguns casos, dependendo da variedade. O quadro abaixo divide frutas e hortaliças por nível de sensibilidade ao frio:

	Hortaliças	Frutas
<b>Sensível ao frio</b>	Pepino, berinjela, quiabo, batata, tomate, batata-doce, pimenta	Abacate, abacaxi, banana, citros, goiaba, manga, mamão, maracujá
<b>Pouco sensível ao frio</b>	Cenoura, couve-flor, espinafre, ervilha, alface, milho verde, aipo, repolho, beterraba	Pêssego, ameixa, uva, figo, cereja, caqui, morango

Outro fator externo que se destaca como influente na conservação pós-colheita é a umidade relativa do ar, a qual pode ser definida como a porcentagem de umidade existente no ar, sendo igual a 100% quando o ar está saturado de vapor d'água. Ela afeta principalmente a transpiração do produto colhido. Ar seco, com porcentagem de umidade abaixo daquela requerida pelo vegetal, significa perda rápida de umidade pelo produto e conseqüente murchamento e enrugamento, depreciando-o comercialmente. Ar muito úmido, próximo a saturação de 100%, mantém a turgidez e reduz a perda de água, mas favorece o desenvolvimento e disseminação de microorganismos e o enraizamento de algumas hortaliças como o alho e a cebola. Para manter a qualidade, a umidade relativa do ar ideal para a maioria das frutas e hortaliças encontra-se entre 85 e 95%.

A concentração de oxigênio e de gás carbônico no ar, ou seja, a composição atmosférica, também influi na conservação de vegetais. A redução de oxigênio no ar, leva a diminuição do nível de respiração. Porém, é importante que a fruta ou hortaliça esteja sempre respirando um pouco para não ocorrer fermentação. O aumento na concentração de gás carbônico no ambiente reduz a respiração e aumenta sua concentração nas células. Também nesse caso, é importante observar o limite de tolerância das hortaliças e frutas para esse gás, de forma que não se torne tóxico.

A incidência direta de luz sobre tubérculos, bulbos e raízes pode promover o desenvolvimento da clorofila e o conseqüente esverdeamento de algumas partes desses produtos.

O conhecimento e a correta manipulação dos fatores internos e externos que influem na conservação pós-colheita levarão a um melhor aproveitamento do produto, diminuindo assim as perdas em qualidade e quantidade do mesmo.

### **Amadurecimento dos Frutos**

Corresponde às mudanças sensoriais de sabor, odor, cor e textura que tornam o fruto aceitável para o consumo.



*Lembra daquele maracujá verde que você colheu e não amadureceu depois?*

*Por que algumas frutas amadurecem mesmo sendo colhidas verdes e outras não?*

*Será que ocorre a mesma situação com as hortaliças?*

A colheita de frutas e hortaliças deve ser feita quando as plantas atingem o mínimo de qualidades organolépticas (sabor, cor, aroma e textura) e nutritivas. Estas qualidades variam com a espécie e variedade cultivada, época de plantio, clima, tipo de solo, práticas culturais, assim como outros fatores.

A fim de conhecer o momento certo da colheita é preciso conhecer cada espécie cultivada e seu estágio ideal de maturação, pois estas características referentes à qualidade, estão relacionadas à esta época. Isso porque somente neste momento os fatores físicos e químicos necessários ao processo de amadurecimento tornam-se presentes no fruto.

Vale ressaltar que mesmo após o processo da colheita, frutas e hortaliças continuam vivas, com suas atividades biológicas em funcionamento, amadurecendo até atingir o estágio de deterioração.

Para conseguirem se manter vivas, elas necessitam de energia a qual é obtida através do processo de respiração. A perecibilidade e o envelhecimento das hortaliças e frutas são proporcionais ao tipo e à intensidade de respiração de cada espécie. A partir daí surgem duas classificações: produtos climatéricos e produtos não-climatéricos.

Produtos climatéricos são aqueles que, logo após o início da maturação, apresentam rápido aumento na intensidade respiratória, ou seja, as reações relacionadas com o amadurecimento e envelhecimento. Exemplos: banana, goiaba, manga, mamão, caqui, melancia e tomate.

Produtos não-climatéricos são aqueles que necessitam de longo período para completar o processo de amadurecimento. Exemplos: laranja, tangerina, uva, berinjela, pimenta, alface, couve-flor, o pepino, limão e o abacaxi. Com isso, são deixados na planta até atingirem seu estágio ótimo de amadurecimento, quando são colhidos.

*Agora sabemos porque aquele abacaxi do domingo estava tão azedo e amarelo claro...*

*Por que algumas pessoas embrulham banana para que esta amadureça mais rápido?*

A produção de gás etileno, um composto químico de maturação e envelhecimento de vegetais, ocorre naturalmente durante a fase de amadurecimento dos frutos, principalmente dos climatéricos. Ao embrulhar o fruto, provoca-se um acúmulo de gás etileno ao seu redor e conseqüentemente seu amadurecimento é favorecido.

O agricultor também pode usar deste artifício quando desejar estimular o amadurecimento de frutos como a banana, o mamão, entre outros, ao embrulhando-os ainda verdes em sacos plásticos ou colocando-os em câmaras climatizadas.

Sabendo que o amadurecimento dos vegetais está relacionado à respiração e que fatores externos afetam diretamente a respiração, transpiração e outros aspectos fisiológicos das plantas, podem ser tomadas medidas que promovam um maior prazo de validade para o alimento.

A temperatura pode ser considerada como sendo o principal fator externo na conservação das frutas e hortaliças e vem seguida pela umidade relativa do ar, a qual afeta principalmente a transpiração do produto colhido. Ar seco significa perda rápida de umidade pelo produto e conseqüente murchamento e enrugamento, depreciando-o comercialmente. No entanto, ar muito ácido mantém a turgidez e reduz a perda de água, mas favorece o desenvolvimento de microorganismos e o enraizamento de algumas hortaliças como o alho e a cebola. Além disso, a incidência direta de luz sobre tubérculos, bulbos e rações pode promover a produção de clorofila e o conseqüente esverdeamento de algumas partes desse produto, por exemplo, a batata.

### **Verduras e Legumes**

Cada vez mais pessoas tornam-se preocupadas em manter boas condições de saúde e bem estar, almejando, então, usufruir maior qualidade de vida. E para garantir uma maior qualidade de vida não se poderia esquecer da alimentação. Dentre os diversos ditos populares em relação à alimentação, um que faz muito sucesso é aquele que muitos de não costumamos ouvir freqüentemente: quanto mais “colorido” o prato, melhor. Neste contexto, o termo “colorido” se refere à diversidade de alimentos presentes na refeição. Ou seja, apresentar porções de diferentes tipos de alimentos, por exemplo, vegetais cozidos e ou crus, estando na forma de salada e ou na forma refogada. O consumo regular de legumes e verduras pode prevenir diversos tipos de doenças, por exemplo, o câncer, o diabetes tipo II e a osteoporose. A cenoura, por exemplo, é rica em vitaminas A e E, as quais são excelentes para a visão e na prevenção do câncer de pele. Além de conter vitaminas e sais minerais, as verduras são excelentes fontes de fibras, importantes na manutenção do “bom funcionamento” do intestino.

O valor nutricional de um vegetal depende da sua preparação. Na tabela nutricional de hortaliças publicada pela Embrapa (Tabela 1) podemos observar algumas diferenças.

**Tabela 1**

Espécie (em 100g)	% em fibra	% em água	Vitamina A ( $\mu\text{g}$ )	Vitamina B1 ( $\mu\text{g}$ )	Vitamina C (mg)	Cálcio (mg)	Potássio (mg)	Ferro (mg)
<b>Alface</b>	1.1	95.8	102	110	7.6	38	140	1.1
<b>Beterraba crua</b>	1.1	87.6	2	50	35.2	32	325	2.5
<b>Beterraba cozida</b>	0.8	93.9	2	20	23	27	332	1.0
<b>Cenoura crua</b>	1.8	87.8	1100	60	26.8	56	238.6	0.6
<b>Cenoura cozida</b>	1.1	91.2	900	35	9.5	26	-	0.6
<b>Chuchu cru</b>	1.7	96.9	2	30	10.8	12	116.7	0.4
<b>Chuchu cozido</b>	2.8	93.4	2	15	8.3	13	173	0.2
<b>Couve-flor crua</b>	1.0	92.5	18.5	90	72	122	286.7	0.6
<b>Couve-flor cozida</b>	2.7	93	3	25	48	22	142	0.7
<b>Espinafre cru</b>	2.9	95.7	585	70	15.3	95	490.1	3.1
<b>Espinafre cozido</b>	-	91.2	570	35	7.3	136	466	3.5
<b>Repolho cru</b>	6.3	94	10	110	41.3	53	161	0.57
<b>Repolho cozido</b>	1.5	95.5	8	80	17.6	47	108	0.34
<b>Acelga crua</b>	1.0	92.6	290	30	42	112	214.5	2.9
<b>Lentilha cozida</b>	3.2	69.7	0	100	16.8	107	865.8	8.6
<b>Brócolis folhas</b>	3.5	92.1	1500	80	80	513	255.2	2.6
<b>Brócolis flor</b>	3.8	90.7	350	54	82.7	400	325	15.0

<http://www.cnph.embrapa.br/util/tabelahortalicas.htm> (Legenda: mg =  $10^{-3}$ g e  $\mu\text{g}$  =  $10^{-6}$ g).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOBBIO, F. O.;BOBBIO, P. A. **Introdução à Química de Alimentos**. 2ª. ed. São Paulo: Varela, 1995.
- BOBBIO, F. O.;BOBBIO, P. A. **Química do Processamento de Alimentos**. 3ª. ed. São Paulo: Varela,1992.
- CAMPOS, M. A. P. Perspectivas do uso de aditivos em alimentos: os antioxidantes. **Revista Nacional da Carne**, n. 227, jan. 1996.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2ª ed.rev. Campinas,SP: Unicamp, 2003.
- ORDONEZ, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ALVAREZ, L. F.; SANZ, M. L.G.; MINGUILLON, G. D. G. F., PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos: Componente dos alimentos e processos**. Porto alegre: Artmed. v. 1, p. 294 p, 2007.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2007.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2º edição. Livraria Atheneu Editora. São Paulo, 2000, 652 p.
- FERNANDES,R.R.; MONTEIRO, P. S. **Efeitos toxicológicos dos compostos fenólicos na alimentação humana**. Universidade de Aveiro, 2003.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. Ed. Atheneu, São Paulo, 1996, 182 p.
- GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. 8ª Ed. Editora Nobel. São Paulo, 1988, 284 p.
- GROSS, L. B. C. **O Papel das Vitaminas A, C e E como Antioxidantes Naturais na Prevenção de Doenças Crônico-Degenerativas**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Ciência e Tecnologia de Alimentos para obtenção de Título de Especialista em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRGS, Porto Alegre, 2001.
- MELO, E. A.; GUERRA, N. B. **Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos**. Boletim da SBCTA, Campinas, 36(1): 1-11, jan.-jun. 2002.



## 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*