



Bromatologia

Rodrigo Cordeiro Bolzan



Frederico Westphalen - RS
2013

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

© Colégio Agrícola de Frederico Westphalen

Este caderno foi elaborado em parceria entre o Colégio Agrícola de Frederico Westphalen – CAFW e a Universidade Federal de Santa Maria para a Rede e-Tec Brasil.

Equipe de Elaboração

Colégio Agrícola de Frederico Westphalen – CAFW

Reitor

Felipe Martins Müller/UFSM

Direção

Fernando de Cristo/CAFW

Coordenação Geral do e-Tec

Paulo Roberto Colusso/CTISM

Coordenação de Curso

Magda Aita Monego/CAFW

Professor-autor

Rodrigo Cordeiro Bolzan/CAFW

Equipe de Acompanhamento e Validação

Colégio Técnico Industrial de Santa Maria – CTISM

Coordenação Institucional

Paulo Roberto Colusso/CTISM

Coordenação Técnica

Iza Neuza Teixeira Bohrer/CTISM

Coordenação de Design

Erika Goellner/CTISM

Revisão Pedagógica

Andressa Rosemárie de Menezes Costa/CTISM

Fabiane Sarmento Oliveira Fruet/CTISM

Jaqueline Müller/CTISM

Janaína da Silva Marinho/CTISM

Marcia Migliore Freo/CTISM

Revisão Textual

Lourdes Maria Grotto de Moura/CTISM

Vera da Silva Oliveira/CTISM

Revisão Técnica

Andréia Cirolini/CTISM

Ilustração

Gabriel La Rocca Cóser/CTISM

Marcel Santos Jacques/CTISM

Rafael Cavalli Viapiana/CTISM

Ricardo Antunes Machado/CTISM

Diagramação

Cássio Fernandes Lemos/CTISM

Leandro Felipe Aguilar Freitas/CTISM

Bibliotecária Nataly Soares Leite – CRB 10/1981

B694

Bolzan, Rodrigo Cordeiro

Bromatologia / Rodrigo Cordeiro Bolzan. – Frederico Westphalen : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, 2013.

81 p. : il.

ISBN: 978-85-63573-25-4

1. Bromatologia. I. Bolzan, Rodrigo Cordeiro. II. Universidade Federal de Santa Maria. Colégio Agrícola de Frederico Westphalen. III. Título.

CDU 612.3

Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,
Bem-vindo a Rede e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional de ensino, que por sua vez constitui uma das ações do Pronatec – Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego. O Pronatec, instituído pela Lei nº 12.513/2011, tem como objetivo principal expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) para a população brasileira propiciando caminho de o acesso mais rápido ao emprego.

É neste âmbito que as ações da Rede e-Tec Brasil promovem a parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e as instâncias promotoras de ensino técnico como os Institutos Federais, as Secretarias de Educação dos Estados, as Universidades, as Escolas e Colégios Tecnológicos e o Sistema S.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

A Rede e-Tec Brasil leva diversos cursos técnicos a todas as regiões do país, incentivando os estudantes a concluir o ensino médio e realizar uma formação e atualização contínuas. Os cursos são ofertados pelas instituições de educação profissional e o atendimento ao estudante é realizado tanto nas sedes das instituições quanto em suas unidades remotas, os polos.

Os parceiros da Rede e-Tec Brasil acreditam em uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!
Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Janeiro de 2013

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br



Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.



Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



Mídias integradas: sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



Sumário

Palavra do professor-autor	9
Apresentação da disciplina	11
Projeto instrucional	13
Aula 1 – Introdução à bromatologia	15
1.1 O que é a bromatologia?	15
1.2 A análise qualitativa e quantitativa	16
1.3 Princípios de estatística aplicados à análise bromatológica	17
1.4 Erros mais comuns no laboratório de bromatologia	18
1.5 Os prefixos do Sistema Internacional (SI)	20
1.6 O processo analítico-bromatológico	26
Aula 2 – Água	29
2.1 Caracterização e importância da água	29
2.2 Particularidades da molécula de água	30
2.3 A água e os alimentos	30
2.4 A determinação da umidade dos alimentos, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz, 2008	31
2.5 A determinação da atividade de água dos alimentos	34
Aula 3 – Carboidratos	37
3.1 Caracterização e importância dos carboidratos	37
3.2 Os monossacarídeos	38
3.3 Os oligossacarídeos	39
3.4 Os polissacarídeos	41
3.5 Determinação de açúcares em laboratório, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008	45
3.6 Determinação de fibras em alimentos, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008	47

Aula 4 – Lipídios	51
4.1 Caracterização e importância dos lipídios	51
4.2 Os ácidos graxos	53
4.3 Os triacilgliceróis	55
4.4 Os glicerofosfolipídios	55
4.5 Lipídios não saponificáveis	56
4.6 Principais reações dos lipídios nos alimentos	57
4.7 Análise em laboratório, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008	59
Aula 5 – Proteínas	63
5.1 Importância e caracterização das proteínas	63
5.2 Estrutura das proteínas	65
5.3 A desnaturação das proteínas	67
5.4 Propriedades funcionais	68
5.5 Análise em laboratório, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008	69
Aula 6 – Minerais e vitaminas	75
6.1 Os minerais nos alimentos	75
6.2 As vitaminas	77
Referências	80
Currículo do professor-autor	81

Palavra do professor-autor

Prezado aluno!

Nesta disciplina, vamos estudar a natureza química dos principais constituintes dos alimentos: a água, os açúcares, as gorduras, as proteínas, os minerais e as vitaminas.

Devido à natureza analítica desta disciplina, foi incluída uma aula introdutória sobre os procedimentos analíticos de interesse e no final de cada aula, um procedimento analítico acerca do conteúdo anteriormente estudado.

Espero que as informações constantes desta obra o auxiliem na melhor compreensão dos principais componentes químicos dos alimentos, assim como na forma de eles interferirem em sua qualidade.

Bons estudos!
Rodrigo Cordeiro Bolzan



Apresentação da disciplina

A disciplina de **Bromatologia** é composta de 6 aulas que abordarão aspectos analíticos fundamentais e aspectos químicos e analíticos dos principais componentes dos alimentos.

Na Aula 1, serão abordados desde aspectos introdutórios, como o conceito de bromatologia, sua importância, os tipos de análise química e aspectos estatísticos aplicados à análise de alimentos, até aspectos práticos da vida no laboratório de bromatologia, como procedimentos de segurança e critérios de amostragem.

A partir da Aula 2, passaremos ao estudo dos principais componentes dos alimentos, começando pelo estudo da água, suas particularidades, sua disposição nos alimentos e a importância na sua qualidade.

Na Aula 3, estudaremos os carboidratos (açúcares), sua importância, estrutura química, classificação e propriedades funcionais nos alimentos, além do método de Fehling para análise de açúcares e do procedimento para determinação de fibras.

Na Aula 4, estudaremos os lipídios (gorduras), sua importância e composição, reações químicas características, aspectos de qualidade e o procedimento para sua determinação em laboratório.

Na Aula 5, estudaremos as proteínas, sua composição, estrutura dinâmica, suas propriedades funcionais nos alimentos e o método de Kjeldahl.

Finalmente, na Aula 6, estudaremos os minerais (elementos essenciais, macro e microelementos, além da determinação de cinzas) e as vitaminas, sua importância, classificação e principais fontes.



Projeto instrucional

Disciplina: Bromatologia (carga horária: 75h).

Ementa: Introdução à bromatologia e amostragem. Água nos alimentos. Carboidratos nos alimentos. Lipídios nos alimentos. Proteínas nos alimentos. Minerais nos alimentos. Vitaminas nos alimentos. Legislação.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Introdução à bromatologia	Entender o que é bromatologia. Diferenciar procedimentos qualitativos e quantitativos. Compreender critérios estatísticos necessários à análise bromatológica. Conhecer o laboratório de bromatologia e as normas de segurança aplicadas a ele. Reconhecer as etapas da análise química dos alimentos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	15
2. Água	Reconhecer a importância da água nos alimentos. Diferenciar umidade de atividade de água. Identificar a forma de interação da água com os alimentos. Reconhecer a forma como o teor de água pode afetar a qualidade dos alimentos. Dar condições de acesso à metodologia específica para determinar umidade/atividade de água em alimentos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	10
3. Carboidratos	Reconhecer a importância dos açúcares na dieta e nos alimentos. Classificar os açúcares em mono, oligo e polissacarídeos. Conhecer a estrutura e as propriedades dos principais açúcares dos alimentos. Conhecer o método de Fehling para determinação de açúcares em alimentos. Identificar a importância do gel de amido na indústria de alimentos. Utilizar adequadamente a metodologia para determinar fibras em alimentos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	20

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
4. Lipídios	Identificar as propriedades e composição dos lipídios. Identificar as propriedades e características dos ácidos graxos. Classificar os lipídios em triacilgliceróis, glicerofosfolipídios e lipídios insaponificáveis. Reconhecer as principais reações dos lipídios. Determinar lipídios em amostras de alimentos, em laboratório.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i>, exercícios.	10
5. Proteínas	Reconhecer a composição e estrutura das proteínas. Identificar a desnaturação das proteínas. Reconhecer as propriedades funcionais das proteínas nos alimentos. Aplicar o método de Kjeldahl para determinação de proteínas.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i>, exercícios.	10
6. Minerais e vitaminas	Diferenciar macro e microelementos essenciais. Identificar a técnica de determinação de cinzas. Classificar as vitaminas. Reconhecer a importância das vitaminas nos alimentos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i>, exercícios.	10

Aula 1 – Introdução à bromatologia

Objetivos

Entender o que é bromatologia.

Diferenciar procedimentos qualitativos e quantitativos.

Compreender critérios estatísticos necessários à análise bromatológica.

Conhecer o laboratório de bromatologia e as normas de segurança aplicadas a ele.

Reconhecer as etapas da análise química dos alimentos.

1.1 O que é a bromatologia?

A palavra bromatologia deriva do grego (*bromatos* = dos alimentos e *logos* = estudo). Assim, pode-se conceituar bromatologia simplesmente como o estudo dos alimentos.

Entretanto, existem várias faces do estudo dos alimentos como o estudo de sua carga microbiológica e das características destes microrganismos, estudo dos critérios de qualidade aplicados à matéria-prima e aos alimentos compostos por elas, estudo dos processos de produção dos alimentos, entre outras.

Na bromatologia, é realizado o estudo dos alimentos sob o ponto de vista de sua composição química, ou seja, estudam-se componentes químicos estruturalmente definidos que compõem os alimentos, com especial ênfase àqueles presentes em grande quantidade (chamados de componentes centesimais – presentes em concentração maior que 1%). Entre esses compostos químicos estão a água, os carboidratos, os lipídios, as proteínas e os minerais. Em alguns casos mais específicos, faz-se necessária a determinação de componentes individuais nos alimentos como alguns metais (principalmente metais pesados como chumbo e mercúrio), açúcares (como a lactose), aminoácidos específicos (fenilalanina e lisina), aflatoxinas entre outros (Quadro 1.1).

A-Z
colesterolemia
Presença de colesterol no sangue.

Quadro 1.1: Importância da determinação de alguns componentes individuais em alimentos

Componente do alimento	Importância
Açúcares (em geral)	As pessoas acometidas pelo diabetes devem restringir a ingestão de açúcares.
Lipídios (em geral)	Alguns grupos específicos da população (por exemplo, aqueles com elevada colesterolemia) devem restringir a ingestão de gorduras.
Metais pesados	Presentes como contaminantes nos alimentos, por serem extremamente tóxicos, devem ser evitados.
Lactose	Pessoas que sofrem de "intolerância à lactose" devem evitar a ingestão de alimentos que a contenham.
Fenilalanina	Pessoas que sofrem da doença genética chamada fenilcetonúria devem restringir seu consumo durante os primeiros anos de vida (a critério médico).
Lisina	É considerado um aminoácido essencial, que pode sofrer alterações químicas, por reações de escurecimento, tornando-se nutricionalmente indisponível.

Fonte: Autor

Os resultados destas análises serão utilizados pelas indústrias e outros órgãos de interesse para verificação da eficiência dos processos e da qualidade dos alimentos, da segurança alimentar, além de fornecer informações de importância nutricional sobre os alimentos disponibilizados à população.

A bromatologia é um campo de estudo dito interdisciplinar, ou seja, que envolve conhecimentos e habilidades oriundos de outros campos de estudo, como por exemplo, química, bioquímica, botânica, zoologia e biologia molecular. Assim, aqueles que se aventurarem no seu estudo devem estar adequadamente munidos de conhecimento básico destas ciências para que obtenham sucesso nesta tarefa.

1.2 A análise qualitativa e quantitativa

Existem dois tipos de análise química: a análise química qualitativa e a análise química quantitativa.

Na análise química qualitativa, é verificada a presença ou ausência do componente que está sendo determinado, sem importar ao analista a massa ou concentração desse na amostra. Assim, numa análise química qualitativa haverá resultados como: positivo/negativo ou reagente/não reagente.

Já na análise química quantitativa, é verificado o teor (massa/concentração) do componente que está sendo determinado. Assim, uma análise química quantitativa sempre terá como resultado um valor numérico seguido de uma unidade de volume, de massa ou de concentração. No Quadro 1.2, são elencadas algumas análises químicas qualitativas e quantitativas de importância na bromatologia.

Quadro 1.2: Algumas técnicas analíticas de importância na bromatologia

Técnica	Análise química	Objetivo da análise
Prova de Éber	Qualitativa	Determinar a presença de gás sulfídrico na amostra.
Glicídios por cromatografia descendente em papel	Qualitativa	Identificar os açúcares presentes na amostra.
Reação de Lugol	Qualitativa	Identificar a presença de amido e dextrina na amostra.
Corantes artificiais orgânicos por cromatografia ascendente em papel	Qualitativa	Verificar/identificar os corantes artificiais presentes na amostra.
Glicídios redutores em glicose	Quantitativa	Determinar a concentração de açúcares redutores (glicose, frutose, manose, galactose, lactose) na amostra.
Extrato etéreo	Quantitativa	Determinar a concentração de gorduras totais na amostra.
Perda por dessecação (umidade)	Quantitativa	Determinar a concentração de água na amostra.
Determinação de protídeos pelo método de Kjeldahl	Quantitativa	Determinar a concentração de proteínas presente na amostra.

Fonte: Autor

1.3 Princípios de estatística aplicados à análise bromatológica

Ao realizar a análise bromatológica quantitativa, necessita-se expressar os resultados obtidos de forma numérica. Normalmente são necessários além da média, outros indicadores como o desvio padrão e do “n” que serão úteis para a posterior interpretação dos resultados obtidos.

A média aritmética é representada pela soma das várias determinações individuais do **analito** realizadas na mesma amostra sob as mesmas condições, dividida pelo número de determinações. Ela fornecerá o valor numérico central dos resultados.

O desvio padrão é calculado também a partir dos valores das várias determinações individuais do analito realizadas na mesma amostra sob as mesmas condições. Ele fornecerá indicação da variabilidade (dispersão) dos resultados individuais em torno da média (aritmética).

O “n” representa o número de determinações individuais do analito realizadas na mesma amostra sob as mesmas condições. Em alguns casos, é necessário grande número de repetições (determinações individuais) para obtenção de resultados confiáveis.

Exemplo

Na determinação de açúcares redutores em sacarose em uma amostra de uvas cristalizadas, obteve-se o seguinte resultado:

A-Z

analito

É o componente da amostra que será alvo da análise química.



Para saber mais sobre o cálculo do desvio padrão acesse: <http://www.infoescola.com/estatistica/variancia-e-desvio-padrao/>

Açúcares redutores em sacarose = $23,44 \pm 2,11$ g% (m/m) $\times n = 5$

Assim, o teor de açúcares redutores em sacarose na referida amostra foi de 23,44% (média de 5 repetições) com desvio padrão (das 5 repetições) de 2,11 g%.

1.4 Erros mais comuns no laboratório de bromatologia

A ocorrência de erros durante as análises químicas/bromatológicas é inerente ao processo analítico, ou seja, sempre ocorrerão erros durante a realização dos procedimentos, mesmo sob as mais adequadas condições de trabalho e treinamento, utilizando as técnicas mais robustas e os equipamentos mais modernos calibrados sob os mais criteriosos procedimentos.

Dentro dessa perspectiva, resta ao analista a tarefa de minimizar ao máximo a ocorrência desses erros, para que eles não afetem significativamente os resultados finais da análise da amostra.

Os erros nas análises químicas/bromatológicas podem ser classificados em:

1.4.1 Erros sistemáticos

Esse tipo de erro acontece em todas as repetições de forma igual. Eles podem ser causados por:

- **Problemas instrumentais** – devido ao uso de vidrarias e balanças descalibradas, calibração imprópria ou variação de voltagem em equipamentos eletrônicos de medida, presença de contaminantes (água contaminada).
- **Erros de método** – quando ocorre falta de especificidade dos reagentes, reações químicas que ocorrem lentamente ou de forma incompleta.
- **Erros pessoais** – são aqueles erros que ocorrem devido ao julgamento subjetivo do analista. Esses erros podem ocorrer em várias situações, como na hora de estimar a posição de um ponteiro ou a altura de uma coluna líquida, diferenças na observação de uma cor, prejulgamento dos resultados.

Os erros sistemáticos, por se repetirem de forma igual em todas as repetições de medidas irão afetar a média dos resultados, tanto para mais como para menos, ou seja, a média dos resultados não irá expressar a real concentração do analito na amostra.

1.4.2 Erros aleatórios

Este tipo de erro não está presente em todas as medidas, resultando das diferenças de procedimento ocorridas entre as várias repetições da análise para a mesma amostra.

Este tipo de erro faz com que os valores dos resultados das diferentes repetições para a mesma amostra flutuem em torno da média, desta forma aumentando o desvio padrão.

Exemplo

Para determinar o teor de vitamina C em uma amostra de suco de laranja, três analistas (Analista 1, Analista 2 e Analista 3) realizaram exatamente o mesmo procedimento analítico. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 1.1:

Tabela 1.1: Concentração de vitamina C em suco de laranja		
	Vitamina C, mg% (média ± desvio padrão)	n
Analista 1	11,90 ± 5,52 mg%	10
Analista 2	8,41 ± 0,56 mg%	10
Analista 3	12,11 ± 0,96 mg%	10
Valor real	12,01 mg%	

Fonte: Autor

Ao se analisarem os resultados obtidos, pode-se verificar que o Analista 1, apesar de ter obtido média muito próxima ao valor real, obteve desvio padrão muito elevado (próximo a 50% da média) o que leva a concluir que vários erros aleatórios foram cometidos durante as 10 repetições do procedimento analítico. Nesse caso, o fato de a média dos resultados estar muito próxima do valor real pode ser considerado um mero acaso.

Já o Analista 2, obteve média dos resultados muito diferente do valor real, apesar de o desvio padrão ser muito pequeno. Nesse caso, pode-se verificar que foram cometidos erros sistemáticos durante a realização dos procedimentos que afetaram os resultados para menos de forma equivalente em todas as 10 repetições.

Finalmente, o Analista 3 obteve resultados com média muito próxima ao valor real (menos de 10% de variação) e desvio padrão baixo (inferior a 10% do valor da média). Dessa forma, pode-se verificar que os erros sistemáticos e aleatórios não ocorreram em grau que pudesse afetar os resultados.

1.5 Os prefixos do Sistema Internacional (SI)

Ao se finalizarem as análises químicas/bromatológicas quantitativas, o analista deverá expressar o resultado em unidades de massa (grama), volume (litro) ou de concentração (g%, g/l, g/g, etc.). Entretanto, em alguns casos, ao expressar números muito grandes ou muito pequenos essas unidades precisam ser precedidas de um prefixo de forma que o número seja expresso adequadamente.

Os prefixos mais utilizados nas análises bromatológicas são: μ (micro), m (mili) e k (quilo).

O prefixo μ representa um fator de multiplicação de 10^{-6} (0,000001), o prefixo m representa um fator de multiplicação de 10^{-3} (0,001) e o prefixo k representa um fator de multiplicação de 10^3 (1000).

Exemplo

O valor de 12,01 mg% pode ser representado como 0,01201 g% (se retirado o prefixo mili) ou 12010 μ g% se utilizado o prefixo micro. Todos os valores aqui apresentados representam a mesma concentração, o que muda é apenas a unidade. A forma preferencialmente utilizada é 12,01 mg% por ser mais simples. Deve-se verificar sempre a unidade de concentração solicitada pelo fabricante da amostra e utilizá-la.



Para saber mais sobre as vidrarias e metais utilizados no laboratório de bromatologia, acesse: <http://www.alunosonline.com.br/quimica/equipamentos-usados-no-laboratorio-quimica.html>

O laboratório de bromatologia (Figura 1.1), de forma simplista, consiste de um laboratório de química equipado com instrumentos, reagentes, vidrarias e metais específicos para análise de alimentos.



Figura 1.1: Vista panorâmica do laboratório de bromatologia do CAFW/UFSM

Fonte: Autor

Devido à ocorrência de diversos processos em elevadas temperaturas, evolução de gases e vapores tóxicos, uso de diversos reagentes cáusticos e corrosivos e da ocorrência rotineira de reações químicas potencialmente violentas (explosivas) são necessários, além do conhecimento sobre os principais ícones de alerta, conhecimento acerca da rotulagem de reagentes e adequada conduta pessoal em laboratório.

1.5.1 Ícones de alerta-atenção

Os reagentes de laboratório estão, quando necessário, rotulados com ícones que comunicam o risco resultante da exposição direta aos mesmos. Esses ícones devem ser prontamente observados no início das atividades; os procedimentos adequados de proteção individual e coletiva devem ser adotados.

Na Figura 1.2 temos alguns exemplos destes ícones.



Figura 1.2: Alguns ícones de alerta-atenção

Fonte: CTISM

1.5.2 Conduta em laboratório

Devido à grande quantidade de riscos que envolvem a rotina de trabalho do laboratório de bromatologia, é necessário que o analista observe várias orientações para que acidentes sejam evitados, como:

- Usar avental confeccionado em algodão, com abertura frontal, fecho de velcro, mangas compridas com punho fechado com velcro, sem bolsos e sem detalhes soltos.
- Usar óculos de proteção (Figura 1.3) e luvas (Figura 1.4).



Figura 1.3: Óculos de proteção

Fonte: CTISM



Figura 1.4: Luva de proteção

Fonte: CTISM

Ao se utilizarem produtos voláteis ou se realizarem procedimentos que produzam gases, é necessária a utilização de capela (Figura 1.5).

- Evitar testar amostras por odor.
- Nunca pipetar com a boca.



Figura 1.5: Capela com exaustão de gases para manipulação de produtos químicos

Fonte: Autor

- Ao diluir um ácido, adicionar ácido sobre água.
- Informar-se sobre a localização e uso dos equipamentos de emergência.
- Conhecer a localização e manuseio dos extintores de incêndio.
- Conhecer a localização e manuseio dos chuveiros de emergência com lava-olhos (Figura 1.6).



Figura 1.6: Chuveiro de emergência com lava-olhos

Fonte: Autor

- Nunca beber ou comer alimentos no laboratório.
- Realizar os procedimentos com extrema atenção.
- Evitar distrações no interior do laboratório.

1.5.3 Os produtos químicos/reagentes do laboratório de bromatologia

A grande diversidade de reagentes químicos e de soluções analíticas (diluções dos reagentes) utilizada no laboratório de bromatologia aliada aos riscos de sua manipulação torna necessária a adoção de critérios específicos para seu armazenamento e rotulagem.

Entende-se por produtos químicos/reagentes os insumos adquiridos de fornecedores específicos, que contêm pureza conhecida (normalmente elevado grau de pureza), sendo utilizados na análise de forma pura (concentrada) ou na forma de soluções diluídas (soluções analíticas). A rotulagem desses produtos é realizada pelo fabricante e normalmente conta com as seguintes informações de interesse primário ao analista (Figura 1.7):



Figura 1.7: Detalhe da rotulagem de reagentes químicos utilizados no laboratório de bromatologia – (a) ácido acético glacial PA e (b) hidróxido de sódio PA

Fonte: Autor

- Nome do reagente.
- Fórmula molecular.
- Massa molar (mol).

- Grau de pureza.
- Contaminantes (mesmo naqueles com elevado grau de pureza).
- Data de validade.

Já as soluções diluídas dos reagentes são soluções (normalmente aquosas) preparadas a partir dos reagentes concentrados, de acordo com metodologia específica, no próprio laboratório. Essas soluções devem ser rotuladas no momento do preparo. O rótulo (Figura 1.8) deve ter as seguintes informações:

- Nome da solução (reagente).
- Concentração.
- Data de preparo.
- Data de aferição (quando necessário).
- Nome do laboratorista.



Para saber mais sugere-se a leitura do livro "Manual de soluções, reagentes e solventes: padronização, preparação, purificação, indicadores de segurança, descarte de produtos químicos", escrito por Tokio Morita e Rosely Maria Viegas Assumpção, pela editora Edgard Blucher de 1998.

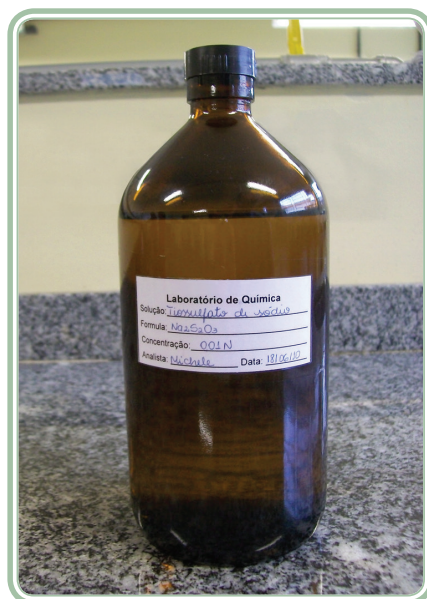


Figura 1.8: Detalhe da rotulagem de uma solução analítica utilizada no laboratório de bromatologia

Fonte: Autor

O laboratorista deve certificar-se de que o rótulo não será diretamente atacado pelo reagente e que não se desprenderá do frasco/recipiente.

Quanto ao armazenamento, as soluções diluídas e de uso frequente no laboratório de bromatologia podem ficar armazenadas no próprio laboratório, em local específico, de fácil acesso, sem correr riscos de acidentes.



Para saber mais sobre incompatibilidade de produtos químicos, acesse: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/armazenamento_de_produtos_quimicos.html

Já os reagentes concentrados devem ficar armazenados em local separado (almoxarifado de produtos químicos), evitando incompatibilidades, seguindo as recomendações:

- Facilitar o acesso aos reagentes usados com maior frequência.
- Não guardar em prateleiras altas, frascos pesados.
- Solventes voláteis devem ser guardados sob refrigeração ou em ambientes com exaustão de gases e livre da ocorrência de faíscas.

1.6 O processo analítico-bromatológico

Entre a produção do alimento/matéria-prima e obtenção de um resultado de uma dada análise, o alimento/matéria-prima precisa passar por uma série de etapas que inicia com o procedimento de amostragem e culmina com a obtenção do resultado final. Essas etapas não são iguais para todos os alimentos nem para todas as técnicas, mas podem ser fundamentalmente resumidas como se expressa na Figura 1.9.

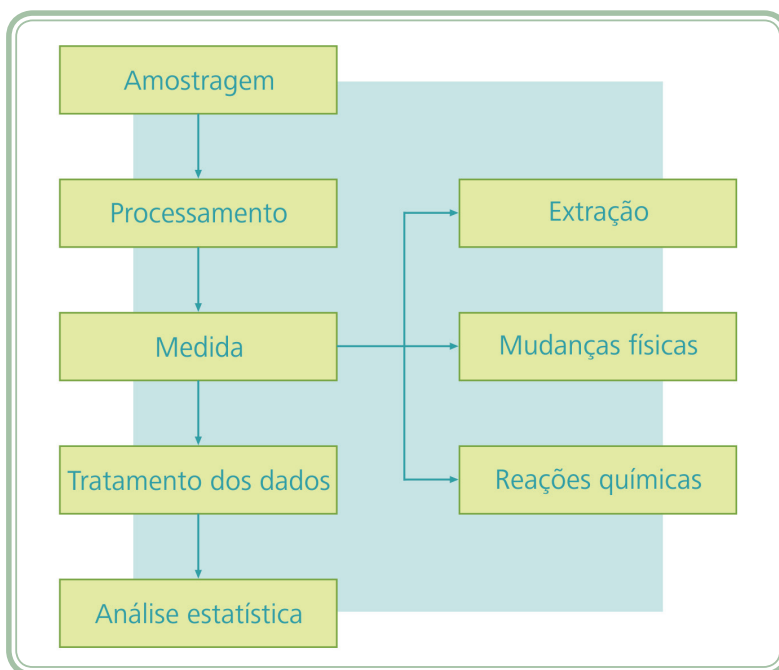


Figura 1.9: Etapas do processo analítico

Fonte: CTISM

Qualquer procedimento analítico inicia-se com o procedimento de amostragem do alimento.

O objetivo do processo de amostragem é obter uma pequena parte do todo que o represente em todos os seus constituintes. Cada alimento, segundo sua composição e características, possui um procedimento de amostragem específico.

Após a obtenção da amostra, esta necessita ser processada segundo procedimentos que a transformem em um material apto a ser utilizado na técnica analítica escolhida. Cada técnica analítica possui um processo específico de modificação da amostra. Essa modificação pode ser desde uma simples moagem (mudanças físicas), passando pela extração do analito através do uso de solventes, até a modificação química, utilizando ácidos concentrados ou outros agentes reativos (reações químicas). Esses procedimentos podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto, segundo especificação técnica.

Após o processamento da amostra, ocorre o procedimento de medida da propriedade físico-química objeto da técnica, quando é gerado um número que será posteriormente tratado (conversão para a unidade de concentração que será utilizada para o laudo) e sofrerá tratamento estatístico (cálculo da média e desvio padrão), por exemplo.

Exemplo

Para determinação do teor de proteínas de uma amostra de alimento pelo método de Kjeldhal, a amostra precisa sofrer 2 tipos de processamento. Primeiramente, a amostra é digerida, utilizando ácido sulfúrico concentrado e aquecimento e, após, sofre extração através da destilação por arraste de vapor. Somente após esses procedimentos, é que a medida **volumétrica** é obtida.

Resumo

Nesta aula, você conheceu a importância e aplicações da bromatologia. Foram-lhe, apresentados a análise bromatológica, os critérios estatísticos e de segurança necessários na análise dos alimentos, além das etapas do procedimento de análise química dos alimentos.



Para saber mais, consulte o livro "Métodos físico-químicos para análise de alimentos", produzido pelo Instituto Adolfo Lutz, em 2008.

A-Z

volumetria

É um método de análise fundamentado na medida do volume de uma solução necessário para realizar determinada reação.



Atividades de aprendizagem

1. Qual o objetivo do estudo da bromatologia?
2. Diferencie a análise química qualitativa da quantitativa.
3. O que são média e desvio padrão?
4. O que é analito?
5. Quais são os tipos de erros que podem ocorrer em uma análise bromatológica?
6. Cite as principais regras para boa conduta em laboratório.
7. Fale sobre o processo de amostragem.

Aula 2 – Água

Objetivos

Reconhecer a importância da água nos alimentos.

Diferenciar umidade de atividade de água.

Identificar a forma de interação da água com os alimentos.

Reconhecer a forma como o teor de água pode afetar a qualidade dos alimentos.

Dar condições de acesso à metodologia específica para determinar umidade/atividade de água em alimentos.

2.1 Caracterização e importância da água

A água é o componente majoritário dos seres vivos, ou seja, é o que existe em maior quantidade. Dessa forma, como os seres vivos, plantas e animais, são as principais fontes de alimentos para a nossa dieta, a água é também o componente principal desses alimentos.

Na carne, o conteúdo de água pode chegar a 70% enquanto nas verduras pode representar até 95%.

Nos seres vivos, a água desempenha diversas funções, como transporte de nutrientes e produtos de descarte do metabolismo (em solução), participação de reações químicas e bioquímicas e estabilização da estrutura de diversas moléculas complexas, como proteínas e ácidos nucleicos.

Como a água não é fonte energética nem protagonista nos processos bioquímicos (mesmo sendo indispensável a eles), essa molécula pode ter sua importância nos alimentos subestimada. Entretanto, sob um olhar mais apurado, verifica-se que a água possui importância determinante nas **propriedades funcionais** dos demais componentes dos alimentos e na conservação deles.

A-Z

propriedades funcionais

Toda propriedade não nutricional que influi no comportamento de certos componentes de um alimento.

2.2 Particularidades da molécula de água

A molécula de água (Figura 2.1) é formada por um átomo de oxigênio que compartilha 2 pares de elétrons com 2 átomos de hidrogênio. A diferença de eletronegatividade entre o átomo de oxigênio e os átomos de hidrogênio leva à formação de carga parcial negativa (δ^-) sobre o átomo de oxigênio e de carga parcial positiva (δ^+) sobre os átomos de hidrogênio, formando assim um dipolo elétrico.

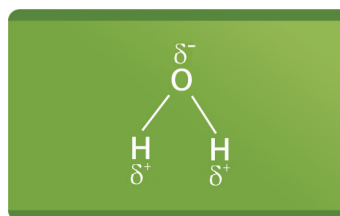


Figura 2.1: A estrutura da molécula de água (com as cargas elétricas parciais)

Fonte: CTISM

Dessa forma, uma molécula de água é capaz de interagir com outras moléculas de água, aproximando seu oxigênio (δ^-) do hidrogênio de outra molécula de água (δ^+) e aproximando seus hidrogênios (δ^+) dos oxigênios de outras moléculas de água (δ^-), em uma forma de atração intermolecular chamada ponte de hidrogênio. Interações semelhantes da molécula de água com outras moléculas podem acontecer desde que estas possuam carga elétrica ou grupos hidrofílicos em sua estrutura.

Esta capacidade da molécula de água de interagir com outras moléculas (de água ou não) é determinante para a definição de sua ação solvente. Assim, componentes dos alimentos capazes de interagir através de pontes de hidrogênio como sais, açúcares, alcoóis e alguns aminoácidos serão francamente solúveis em água, enquanto moléculas incapazes disso (como as gorduras e os aminoácidos com cadeia lateral apolar) terão sua solubilidade muito baixa em água.

2.3 A água e os alimentos

A água dos alimentos pode estar disposta na estrutura deles de duas diferentes formas:

- **Água livre** – é aquela que se apresenta **fracamente** ligada aos demais componentes dos alimentos. Esta água poderá servir de meio de cultivo para microrganismos (provocando alterações nos alimentos, na imensa maioria das vezes indesejáveis, levando à perda de sua qualidade) e como meio para reações químicas e bioquímicas (também provocando alterações nos alimentos).

- **Água ligada** – é aquela que se apresenta **fortemente** ligada aos demais componentes dos alimentos, normalmente formando as primeiras camadas de hidratação das mesmas. Por estar ligada intimamente ao alimento, não serve como meio de cultivo para microrganismos, assim como não é meio propício para ocorrência de reações químicas e bioquímicas.

Devido à presença de água nessas duas formas, a determinação do teor de água total do alimento (umidade) em laboratório (apesar de ser uma das análises bromatológicas mais importantes) perde espaço quando há necessidade de inferir sobre a conservação e vida de prateleira dos alimentos. É então importante conhecer apenas o teor de água livre presente nos alimentos (através da atividade de água).

2.4 A determinação da umidade dos alimentos, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz, 2008

A determinação da umidade do alimento é normalmente a primeira análise bromatológica a ser realizada na rotina analítica. A forma mais simples de obter esse valor é a utilização do método de perda por dessecação em estufa a 105°C (Figura 2.2).



Figura 2.2: Estufa com circulação forçada de ar – (a) fechada e (b) aberta

Fonte: Autor

A técnica consiste em pesar de 2 a 10 gramas de amostra (**pulverizada**) em cápsula de porcelana (com peso conhecido e previamente seca em estufa) e levar a estufa para aquecimento a 105°C. Após 3 horas, retirar da estufa e resfriar em dessecador e pesar. Repetir as operações de aquecimento/resfriamento até peso constante. Após, aplicar os valores obtidos à fórmula:

A-Z

pulverizada

Transformada em pó.

$$\text{Umidade, \% (m/m)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Onde: P_i = Peso inicial da amostra (amostra úmida) em gramas (descontado o peso da cápsula)

P_f = Peso final da amostra (amostra seca) em gramas (descontado o peso da cápsula)

Exemplo

Um técnico de laboratório de bromatologia, ao determinar a umidade de uma amostra de biscoitos através do método de perda por dessecação em estufa a 105°C, pulverizou a amostra (Figura 2.3) e realizou a análise utilizando triplicatas (Prova 1, Prova 2 e Prova 3), obtendo os valores de peso (Figura 2.4) de acordo com a Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Peso da “cápsula + amostra” antes da secagem e após sucessivos períodos de secagem

	Peso cápsula + amostra			
	Antes de iniciar a secagem	Após primeira secagem	Após segunda secagem	Após terceira secagem
Prova 1	57,86 g	57,79 g	57,72 g	57,71 g
Prova 2	64,08 g	63,84 g	63,62 g	63,62 g
Prova 3	58,25 g	58,12 g	58,02 g	58,01 g

Fonte: Autor

Considere

Peso da cápsula utilizada para secar a Prova 1 = 54,34 g

Peso da cápsula utilizada para secar a Prova 2 = 55,13 g

Peso da cápsula utilizada para secar a Prova 3 = 53,40 g



Figura 2.3: Amostra de biscoito pulverizada utilizando graal e pistilo

Fonte: Autor

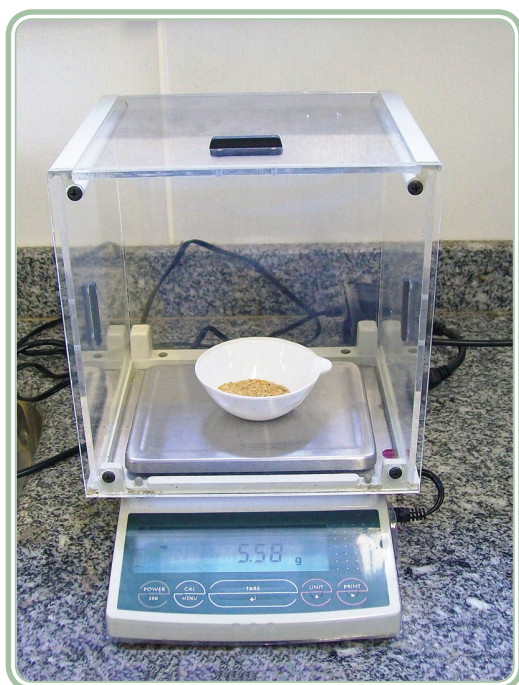


Figura 2.4: Pesagem da amostra em cápsula

Fonte: Autor

Pode-se verificar que a perda de peso entre a segunda e terceira secagens foi muito baixa ou inexistente, o que permite inferir que toda a água foi evaporada da amostra e que chegamos ao final do processo de secagem, sendo possível então realizar o cálculo da umidade da amostra:

1. Calcula-se P_i e P_f utilizando os pesos “antes de iniciar a secagem” e “após terceira secagem”, respectivamente:

$$\text{Prova 1: } P_i = 57,86 - 54,34 = 3,52 \text{ g}$$

$$\text{Prova 2: } P_i = 64,08 - 55,13 = 8,95 \text{ g}$$

$$\text{Prova 3: } P_i = 58,25 - 53,40 = 4,85 \text{ g}$$

$$\text{Prova 1: } P_f = 57,71 - 54,34 = 3,37 \text{ g}$$

$$\text{Prova 2: } P_f = 63,62 - 55,13 = 8,49 \text{ g}$$

$$\text{Prova 3: } P_f = 58,01 - 53,40 = 4,61 \text{ g}$$

2. Assim, aplicam-se os valores de P_i e P_f à fórmula e obtêm-se:

$$\text{Prova 1: Umidade} = 4,26\% \text{ (m/m)}$$

$$\text{Prova 2: Umidade} = 5,14\% \text{ (m/m)}$$

$$\text{Prova 3: Umidade} = 4,95\% \text{ (m/m)}$$

3. Finalmente, calculam-se a média aritmética e o desvio padrão, para obter-se o valor de umidade da amostra de biscoito:

Umidade = $4,78 \pm 0,46\%$ m/m (média $\pm$ desvio padrão)

A determinação da umidade dos alimentos através da secagem em estufa é um método prático, muito fácil de implantar na rotina de laboratório e que necessita de pouca experiência do analista, além de requerer equipamentos e materiais de baixo custo. Por outro lado, existem muitas variáveis que afetam o alcance de bons resultados utilizando essa metodologia, como:

- A umidade relativa externa à estufa.
- O material que compõe o recipiente de secagem (cápsula).
- Podem existir locais no interior da estufa com grandes diferenças de temperatura.
- A temperatura utilizada (105°C) favorece a ocorrência de reações químicas entre os componentes da amostra.
- Na referida temperatura, outros compostos voláteis (além da água) também são evaporados, interferindo na obtenção do resultado correto.

Para contornar algumas dessas variáveis, uma variação deste método que utiliza temperatura mais baixa e vácuo também pode ser usada.

Além da secagem em estufa, o conteúdo de água dos alimentos também pode ser medido utilizando outras metodologias, como Karl Fischer ou destilação com solventes em elevado ponto de ebulição.

2.5 A determinação da atividade de água dos alimentos

A atividade de água (a_w) representa intensidade de ligação da água com os demais componentes do alimento, ou seja, o teor de água livre presente no mesmo. Dessa forma, este parâmetro indica o quanto o alimento está predisposto a sofrer alterações, principalmente no que se refere a alterações por microrganismos.

Matematicamente, a atividade de água pode ser expressa da seguinte forma:

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

Onde: P = pressão de vapor da amostra

Po = pressão de vapor da água pura (ambos na mesma temperatura)

A partir dessa expressão, pode-se inferir que a maior atividade de água possível é 1,0 que corresponde ao valor da água pura (que não possui solutos em sua composição). Assim a a_w dos alimentos será sempre inferior a da água pura, pois todos possuem solutos em sua composição (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Umidade e atividade da água típica de alguns alimentos

Alimento	Umidade, % p/p	a_w
Carne fresca	60	0,98
Queijo	37	0,97
Compotas	28	0,88
Salame	30	0,83
Frutas secas	18	0,76
Mel	20	0,70
Macarrão seco	12	0,50

Fonte: Adaptado de Coultate, 2004

De forma geral, quanto maior for a atividade da água, maior será a perecibilidade do alimento, pois, maior quantidade de água livre haverá para o desenvolvimento dos microrganismos. Os microrganismos que causam os maiores problemas na área de alimentos preferem atividades de água superiores a 0,85 (Tabela 2.3). Já alimentos com atividade de água inferior a 0,6 são considerados sanitariamente seguros.

Tabela 2.3: Valores mínimos de atividade da água para o crescimento de microrganismos

Microrganismos	a_w
Bactérias comuns	0,91
Leveduras comuns	0,88
Bolores comuns	0,80
Bactérias halofílicas*	0,75
Bolores xerofílicos**	0,65
Leveduras osmofílicas**	0,60

* Bactérias halofílicas são microrganismos que se desenvolvem em concentrações elevadas de sais.

** Bolores xerofílicos e leveduras osmofílicas são microrganismos especialmente adaptados a ambientes com baixa atividade de água.

Fonte: Adaptado de Coultate, 2004

Na determinação da a_w , é condição essencial que a temperatura seja aferida, pois a temperatura da amostra/alimento modifica sua atividade de água. De forma geral, quanto maior a temperatura, maior será a a_w do alimento.

Para determinar a atividade de água nos alimentos, é bastante comum o uso de equipamento chamado “medidor de atividade de água”, produzido por várias indústrias que utilizam para realizar a medida, sensores eletrolíticos e de umidade (Figura 2.5).



Figura 2.5: Medidor de atividade de água produzido pela empresa Aqualab®

Fonte: http://aqualab.decaon.com.br/assets/Images/Product-Images/Water-Activity-Meters/_resampled/CroppedResize169169-Series-4-loading-2.jpg

Resumo

Nesta aula, lhe foi dada a oportunidade de compreender a importância da água para a qualidade dos alimentos, de diferenciar o teor total de água da atividade de água, além de conhecer a metodologia para determinação da umidade dos alimentos.



Atividades de aprendizagem

1. Como a água interage com outras moléculas do alimento?
2. Diferencie água livre e água ligada.
3. O que é atividade de água?
4. Como é determinada a umidade dos alimentos?
5. Qual é a diferença entre umidade e atividade de água?

Aula 3 – Carboidratos

Objetivos

Reconhecer a importância dos açúcares na dieta e nos alimentos.

Classificar os açúcares em mono, oligo e polissacarídeos.

Conhecer a estrutura e as propriedades dos principais açúcares dos alimentos.

Conhecer o método de Fehling para determinação de açúcares em alimentos.

Identificar a importância do gel de amido na indústria de alimentos.

Utilizar adequadamente a metodologia para determinar fibras em alimentos.

3.1 Caracterização e importância dos carboidratos

Os carboidratos ou açúcares estão presentes em uma grande variedade de alimentos de importância para a dieta humana como pão, arroz, leite, vegetais e bebidas (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Quantidade de açúcares em alimentos e bebidas

Alimento	Açúcares totais (%)
Pão branco	2,6
Torta de frutas	48,4
Leite bovino integral	4,8
Queijo	0,1
Batatas	1,3
Repolho (cru)	4,0
Maçã (crua)	11,8
Chocolate	59,5
Vinho tinto	0,3
Mel	76,4

Fonte: Adaptado de Coultate, 2004

Os carboidratos são compostos de dupla função química (aldeído e álcool ou cetona e álcool). Alguns possuem sabor adocicado. Dentre as principais funções biológicas dos açúcares estão a geração de energia (4 kcal/g) e a função de fibra dietética.

Para facilitar o estudo, os carboidratos são classificados em três grupos distintos: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

3.2 Os monossacarídeos

São os açúcares mais simples, cuja composição é de 3 a 6 carbonos (nos alimentos são mais comuns os de 6 carbonos, chamados hexoses), um grupo funcional carbonila (aldeído ou cetona) e grupos hidroxila (vários). Dentre os principais representantes desta classe estão a glicose, a frutose, a manose e a galactose (Figura 3.1). A glicose é o mais comum dos monossacarídeos. É composta por uma aldose (contém uma carbonila aldeídica) e 5 hidroxilas. A frutose vem logo após, composta de cetose (contém carbonila cetônica) e 5 hidroxilas. A manose e a galactose têm composição exatamente igual à da glicose, diferenciando-se desta apenas pela conformação de uma das hidroxilas.

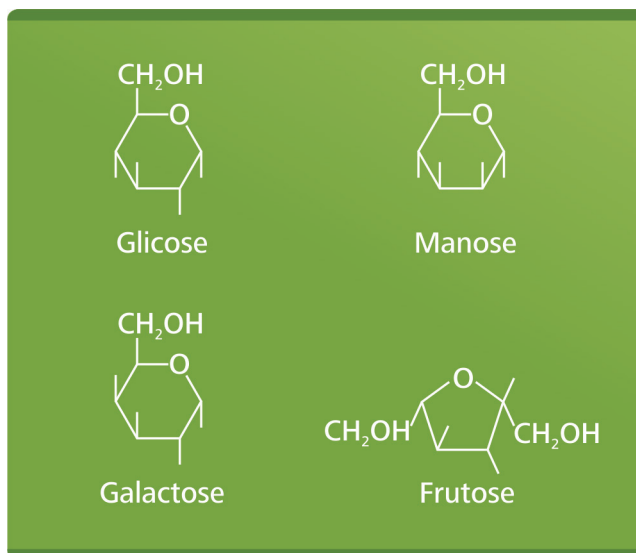


Figura 3.1: Estrutura da glicose, manose, galactose e frutose

Fonte: CTISM

3.2.1 Propriedades dos monossacarídeos

A seguir serão listadas as principais propriedades dos monossacarídeos para a área de alimentos:

3.2.1.1 Higroscopicidade

Devido principalmente à presença de grande número de grupos polares (hidroxilas) em sua estrutura, os monossacarídeos possuem elevada capacidade de adsorver água.

Essa propriedade é desejável em alguns alimentos que precisam manter certo grau de umidade, como produtos de confeitaria e indesejável em produtos granulados, que aglomeram suas partículas devido à presença de água.

3.2.1.2 Poder edulcorante

A maioria dos monossacarídeos possui sabor doce, o que os torna muito importantes para a indústria de alimentos. Dentre os monossacarídeos, a frutose é a que possui esta característica mais destacada.

3.3 Os oligossacarídeos

São chamados oligossacarídeos aqueles açúcares formados de 2 a 20 monossacarídeos. Nos alimentos, os mais comuns são a sacarose, a lactose e a maltose, ambos três dissacarídeos (formados por 2 unidades de monossacarídeos) (Figura 3.2).

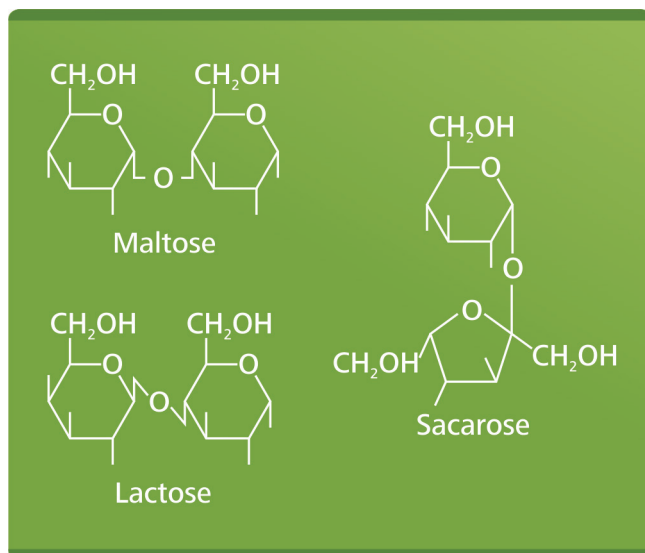


Figura 3.2: Estrutura dos principais oligossacarídeos – maltose, lactose e sacarose

Fonte: CTISM

A sacarose é o oligossacarídeo mais comum, sendo conhecido como o açúcar de cozinha. Ela é composta por uma unidade de glicose e uma unidade de frutose unidas através de uma ligação α -1 $\rightarrow$ β -2. Já a lactose, conhecida como o açúcar do leite, é composta por uma unidade de galactose e uma unidade

de glicose unidas através de uma ligação β -1,4. A maltose, composta por duas unidades de glicose unidas através de uma ligação α -1,4 é conhecida por ser o produto de degradação do amido, sendo muito difícil de ser encontrada na natureza de forma isolada.

3.3.1 Propriedades dos oligossacarídeos

A seguir serão listadas as principais propriedades dos oligossacarídeos para a área de alimentos:

3.3.1.1 Higroscopicidade

Os oligossacarídeos compartilham essa propriedade com os monossacarídeos, possuindo também elevada capacidade de adsorver água.

3.3.1.2 Poder edulcorante

Os oligossacarídeos também compartilham essa propriedade com os monossacarídeos. Dentre os oligossacarídeos, a sacarose possui o maior poder edulcorante.

3.3.1.3 Inversão dos açúcares (sacarose)

Tecnicamente, a propriedade de inversão é a mudança de lado do poder rotatório do açúcar depois que ele sofrer hidrólise.

Esse fenômeno é especialmente conhecido para a sacarose (dextrorrotatória) que, na presença de agentes específicos, (como da invertase ou de aquecimento em pH ácido) é hidrolisada em seus monossacarídeos constituintes (Figura 3.3). A mistura de frutose e glicose (levorrotatória) obtida possui maior solubilidade e poder edulcorante que a sacarose, sendo por isso utilizada como ingrediente em grande variedade de alimentos.

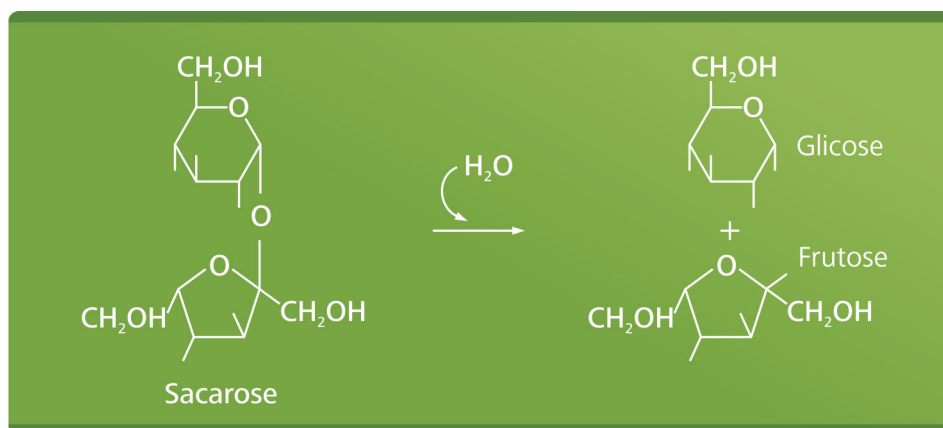


Figura 3.3: Reação de inversão do açúcar

Fonte: CTISM

3.4 Os polissacarídeos

Os polissacarídeos são polímeros de açúcares que contêm mais de 20 monossacarídeos. Esses açúcares possuem elevado peso molecular e baixa solubilidade em água. Dentre os principais polissacarídeos de importância nos alimentos pode-se relacionar o amido, a celulose e as pectinas.

3.4.1 O amido

O amido é um polímero de glicose encontrado nos vegetais, o qual é composto por duas cadeias, a amilose e a amilopectina.

A amilose (Figura 3.4) é formada por glicoses unidas entre si através de ligações α -1,4, formando uma cadeia linear. O número total de glicoses pode variar de algumas centenas até milhares de unidades.

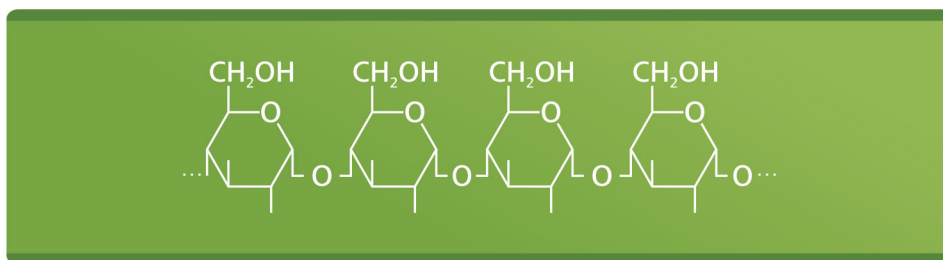


Figura 3.4: Estrutura da amilose

Fonte: CTISM

A amilopectina (Figura 3.5) é também formada por unidades de glicoses. Entretanto, nessa molécula além da ligação α -1,4 entre as unidades de açúcar, algumas glicoses são unidas através de ligação α -1,6, formando ramificações. Esta é a diferença fundamental entre amilose e amilopectina: o fato de que a segunda é ramificada, enquanto a primeira é linear. Desse fato resultam diferenças entre as propriedades da amilose e da amilopectina como a capacidade de a segunda formar géis mais estáveis e mais rapidamente.

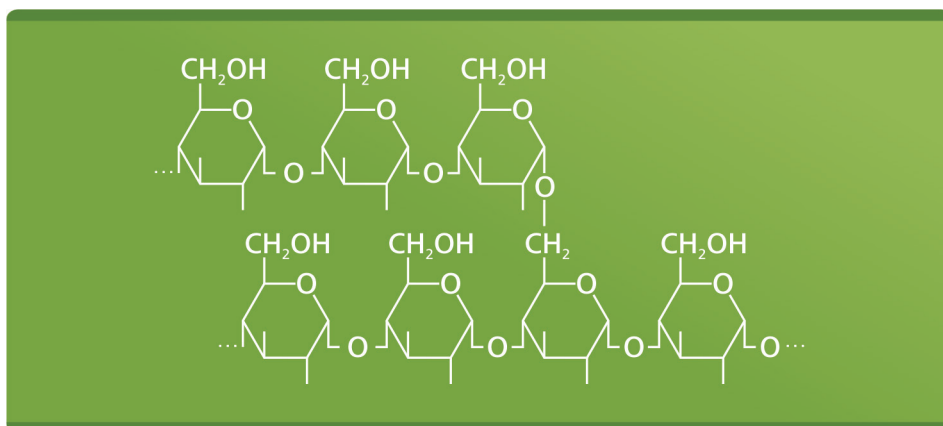


Figura 3.5: Estrutura da amilopectina

Fonte: CTISM

3.4.1.1 A gelatinização do amido

Embora o amido não seja solúvel em água fria, na presença de água e aquecimento, as moléculas de amido têm parte de suas ligações intermoleculares rompidas e, em consequência disso, as moléculas de água passam a interagir com o amido através de pontes de hidrogênio. A presença da água junto ao amido provoca então aumento de volume deste, formando soluções viscosas que, quando resfriadas, formam gel.

O gel de amido constitui uma das mais importantes (senão a mais importante) função tecnológica do amido nos alimentos, uma vez que o gel de amido é formado durante a produção de diversos alimentos como massas, pães, produtos à base de milho e na preparação do arroz e do feijão cozidos.

Infelizmente, o gel de amido natural apresenta diversos problemas para a indústria de alimentos, tais como:

- Forma-se somente a elevadas temperaturas.
- É instável diante de processos industriais como agitação, transporte, aquecimento e congelamento.
- Sofre muita interferência dos demais constituintes do alimento (proteínas, açúcares, etc.).

Os problemas tecnológicos apresentados pelo gel de amido são a retrogradação e a sinérese. A retrogradação é o retorno do amido a seu estado de cristal, enquanto a sinérese é a expulsão da água que forma o gel, com consequente reconstituição das interações intermoleculares entre as moléculas de amido.

Para contornar esses problemas, as indústrias de alimentos podem utilizar amidos quimicamente modificados, de forma a contornar as vulnerabilidades apresentadas pelo gel de amido natural.

3.4.1.2 Os amidos quimicamente modificados

Os amidos naturais podem ser tratados quimicamente a fim de se tornarem ingredientes apropriados na formulação de alimentos.

Assim, os amidos modificados podem adquirir características de interesse à indústria de alimentos como:

- Formar géis em água fria ou sob pouco aquecimento.
- Formar géis resistentes ao transporte, a agitação, a altas temperaturas e ao congelamento.
- Formar gel na presença de outros solutos, como açúcares e sais.

São exemplos de amidos modificados quimicamente os amidos pré-gelatinizados, as dextrinas e os amidos reticulados, entre outros.

3.4.2 A celulose

Da mesma forma que o amido, a celulose também é um polímero de glicoses, diferindo deste por ser linear (sem ramificações) e pelo tipo de ligação entre as glicoses (α -1,4) (Figura 3.6). Devido a esse tipo de ligação entre as moléculas de glicose, a celulose não é digerível pelos seres humanos.

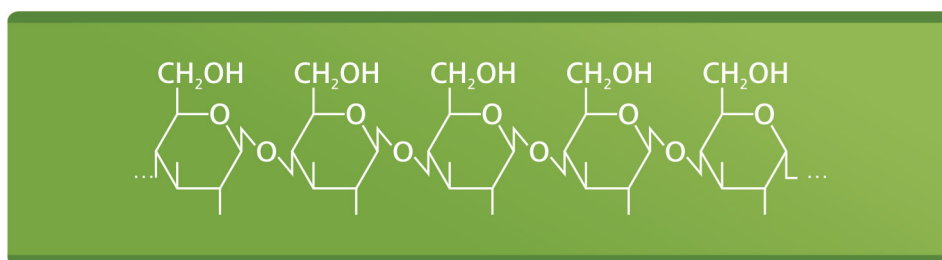


Figura 3.6: Estrutura da celulose

Fonte: CTISM

Sua estrutura linear faz da celulose um polissacarídeo bastante insolúvel em água, o que limita drasticamente seu uso como ingrediente na indústria de alimentos. Entretanto, uma forma de celulose modificada quimicamente em laboratório, a carboximetilcelulose é amplamente utilizada na indústria de alimentos devido a sua capacidade de formar soluções viscosas. Entre os principais alimentos em que é utilizada podem-se elencar pudins, flans, sorvetes, entre outros.

3.4.3 As hemiceluloses

As hemiceluloses são polissacarídeos formados por vários monossacarídeos diferentes (por exemplo: glicose, galactose, xilose), solúveis em água, mas de difícil digestão. São especialmente importantes na indústria da panificação, pois retêm água da farinha diminuído, dessa forma, a energia necessária para o amassamento.

3.4.4 As pectinas

São polímeros do ácido galacturônico parcialmente esterificados com metanol (Figura 3.7) encontrados em alimentos de origem vegetal como nas maçãs e em frutas cítricas.

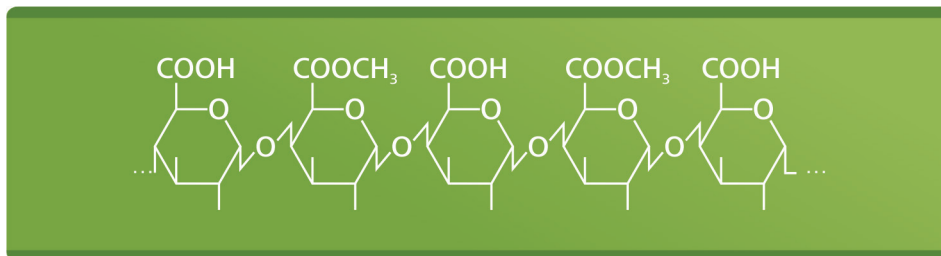


Figura 3.7: Estrutura da pectina

Fonte: CTISM

Seu principal uso na área de alimentos deve-se a sua capacidade de formar géis na presença de açúcar e ácidos. Dentre os alimentos em que esta propriedade das pectinas é explorada, podem-se citar os pepinos em conserva, formulação de bebidas e sorvetes e na produção de geleias.

3.4.5 As gomas

É um grupo de polissacarídeos solúveis em água que tem a capacidade de elevar a viscosidade de soluções e de formar géis. São formadas por diversos monossacarídeos diferentes (manose, galactose, ácido glicurônico, fucose, xilose, etc.). São utilizadas nos alimentos como espessantes e geleificantes.

São exemplos de gomas utilizadas na indústria alimentícia a goma guar, goma arábica, o ágar, goma xantana e a goma dextrana. Entre os alimentos que possuem gomas em sua formulação podem-se relacionar as salsichas, bebidas, molhos, sobremesas e sopas.

3.4.6 As fibras

A fibra dietética é o conjunto de polissacarídeos que não sofre hidrólise durante o processo de digestão dos alimentos. Assim, fazem parte da fibra dietética a celulose, as hemiceluloses, gomas, pectinas, amido resistente e polissacarídeos sintéticos.

Entre as funções da fibra dietética estão a redução do colesterol sanguíneo, a redução da glicemia e a elevação da motilidade intestinal.

As principais fontes de fibra dietética são os cereais, as verduras e as frutas.

3.5 Determinação de açúcares em laboratório, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008

A avançada tecnologia disponível hoje possibilita a determinação e a identificação de açúcares em concentrações extremamente baixas nos mais variados tipos de amostras.

Essa tecnologia também está disponível para a determinação de açúcares em alimentos, onde a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) em suas várias combinações atinge especial destaque. Entretanto, o método de Fehling, já utilizado há décadas para esse fim, mantém-se como referência em laboratório.

O método de Fehling possui como princípio a capacidade de os **açúcares redutores** reduzirem o Cu^{2+} (azul) a Cu^{1+} (vermelho) sob aquecimento em pH fortemente alcalino (Figura 3.8).

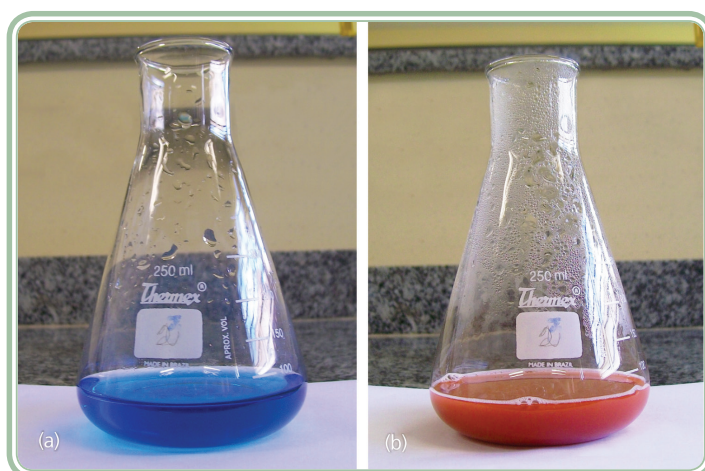


Figura 3.8: Aspecto do reagente de Fehling (a) azul – antes de reagir com o açúcar redutor e (b) vermelho – após reação com o açúcar redutor

Fonte: Autor

Todos os monossacarídeos são redutores. Entre os oligossacarídeos, a lactose e a maltose são redutores. A sacarose não é um açúcar redutor.

Exemplo

Um técnico de laboratório, ao determinar o teor de açúcares redutores em glicose em uma amostra de biscoito doce através do método de Fehling realizou a análise utilizando triplicatas (Prova 1, Prova 2 e Prova 3). Ele realizou os procedimentos em sequência, conforme se descreve a seguir: Após homogeneizar e pulverizar a amostra, ele pesou a amostra em triplicata utilizando como recipiente de pesagem um béquer de 100 ml. Os pesos estão descritos na Tabela 3.2.

A-Z

açúcares redutores

São todos açúcares que possuem o grupo carbonílico (aldeídico ou cetônico) livre.

Tabela 3.2: Peso das amostras de biscoito doce obtidas

	Peso (g)
Prova 1	2,56
Prova 2	4,84
Prova 3	3,55

Fonte: Autor

1. Transferiu cada prova para um balão volumétrico (de 100 ml) específico.
2. Completou o volume com água destilada e filtrou em papel filtro.
3. O filtrado (solução-amostra) foi transferido para uma bureta.
4. Em um balão de fundo chato, pipetou exatamente 10 ml de Solução de Fehling A (solução de CuSO_4) e 10 ml de Solução de Fehling B (solução de tartarato de sódio e potássio + NaOH). Adicionou ainda 40 ml de água destilada.
5. A solução do balão de fundo chato foi levada à ebulição.
6. Mantendo-se a ebulição, a solução-amostra foi adicionada às gotas sobre a solução do balão de fundo chato.
7. Quando a solução do balão passou de azul à incolor com formação de precipitado vermelho, o gotejamento da solução-amostra foi interrompido e o volume gasto foi anotado. Os volumes gastos para cada prova são dispostos na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Volumes de solução-amostra gastos na determinação de açúcares redutores em glicose

	Volume gasto de solução-amostra
Prova 1	38,1 ml
Prova 2	22,9 ml
Prova 3	29,1 ml

Fonte: Autor

8. Aplicou os valores obtidos à fórmula:

$$\text{Glicídios redutores em glicose, \% (m/m)} = \frac{100 \times A \times a}{P \times V}$$

Onde: A = volume total da solução amostra (100 ml, neste caso)
a = massa de glicose que reage com 10 ml de solução de Fehling
(previamente determinada em laboratório) = será considerado 0,045
P = peso da amostra (g)
V = gasto da solução-amostra (ml)

Os valores obtidos foram os da Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Concentração de glicídios redutores em glicose na amostra de biscoito doce analisada	
	Glicídios redutores em glicose
Prova 1	4,61% m/m
Prova 2	4,06% m/m
Prova 3	4,36% m/m
Média	4,34% m/m
Desvio padrão	0,28% m/m

Fonte: Autor

3.6 Determinação de fibras em alimentos, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008

O teor de fibras em um alimento é o resíduo orgânico obtido após a amostra sofrer determinado tipo de tratamento químico. A seguir será apresentada a técnica para determinação da fibra bruta.

Exemplo

Um técnico em laboratório necessita determinar o teor de fibra bruta em uma amostra de barra de cereal. A determinação será conduzida utilizando triplicatas (Prova 1, Prova 2 e Prova 3). Ele realizou os procedimentos em sequência, conforme o descrito a seguir:

1. A amostra (2,00 g) previamente triturada foi desengordurada em aparelho de Soxhlet (vide Aula 4).
2. A amostra (desengordurada) foi transferida para um balão de fundo chato onde se adicionou solução ácida: ácido acético glacial (500 ml) + água (450 ml) + ácido nítrico (50 ml) + ácido tricloroacético (20 g).
3. O balão foi mantido em refluxo por 40 minutos.
4. Após, o resíduo foi filtrado em cadinho de Gooch e lavado com água fervente até lavar todo o ácido.

5. O resíduo ainda foi lavado com álcool e éter.
6. O resíduo foi seco a 105°C até peso constante. O peso do resíduo seco foi obtido como mostra a Tabela 3.5.

Tabela 3.5: Peso do resíduo seco obtido na determinação de fibras

	Resíduo seco (g)
Prova 1	0,32
Prova 2	0,35
Prova 3	0,29

Fonte: Autor

7. Após incinerou-se o resíduo em mufla a 550°C e depois resfriou-se. A perda de peso foi considerada fibra bruta como se demonstra na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Resultados obtidos após incineração do resíduo

	Peso do resíduo após incinerar (g)	Diferença (fibra bruta)* (g)
Prova 1	0,03	0,29
Prova 2	0,05	0,30
Prova 3	0,02	0,27

* (peso do resíduo seco) – (peso do resíduo após incinerações)

Fonte: Autor

8. Os valores foram aplicados à fórmula a seguir e os resultados obtidos são expressos na Tabela 3.7.

$$\text{Fibra bruta, \% (m/m)} = \frac{N}{P} \times 100$$

Onde: N= fibra bruta (g)
P= peso da amostra (g)

Tabela 3.7: Concentração de fibras na amostra de barra de cereal analisada

	Glicídios redutores em glicose
Prova 1	14,50
Prova 2	15,00
Prova 3	13,50
Média	14,33
Desvio padrão	0,76

Fonte: Autor

Resumo

Nesta aula, estudou-se a importância dos açúcares para a área de alimentos. Neste estudo verificou-se que os açúcares podem ser classificados quanto a seu tamanho (número de oses). Os açúcares podem participar de reações químicas específicas, possuem função nutricional importante nos seres vivos, além de terem propriedades funcionais importantes nos alimentos. Foram ainda estudados o método de Fehling para determinação de açúcares e a técnica para determinação da fibra bruta.

Atividades de aprendizagem



1. O que são carboidratos?
2. Como os carboidratos são classificados?
3. Quais os principais mono, oligo e polissacarídeos?
4. O que é higroscopicidade?
5. O que é a reação de inversão do açúcar?
6. Como funciona o método de Fehling?
7. Qual é a importância do amido na indústria de alimentos?
8. O que são amidos modificados?
9. O que são fibras?



Aula 4 – Lipídios

Objetivos

Identificar as propriedades e composição dos lipídios.

Identificar as propriedades e características dos ácidos graxos.

Classificar os lipídios em triacilgliceróis, glicerofosfolipídios e lipídios insaponificáveis.

Reconhecer as principais reações dos lipídios.

Determinar lipídios em amostras de alimentos, em laboratório.

4.1 Caracterização e importância dos lipídios

Os lipídios estão presentes em uma grande quantidade de alimentos, como leite, carnes e manteiga (Tabela 4.1).

Tabela 4.1: Conteúdo de gorduras de alguns alimentos

Alimento	Gordura total (%)
Farinha de trigo integral	2,2
Pão branco	1,9
Massa folhada	40,6
Leite bovino integral	3,9
Gema de ovo	30,5
Clara de ovo	Traços
Manteiga	81,7
Óleo vegetal	99,9
Bife de filé	21,1
Castanha do Pará	68,2
Chocolate puro	29,2

Fonte: Adaptado de Coultate, 2004

Nos alimentos, os lipídios além de fonte de energia, desempenham funções tecnológicas importantes, como participação na formação de emulsões e de atuar na viscosidade dos produtos alimentícios.

Os lipídios, ao contrário dos açúcares, não possuem unidade química ou estrutural, sendo, portanto, um grupo de substâncias com grande variabilidade de grupos funcionais e de conformações químicas. A única característica comum a todos os lipídios é a de serem solúveis em solventes orgânicos (éter, clorofórmio, hexano) e ter baixa solubilidade em água.

Para ilustrar a variabilidade química e estrutural dessa classe de compostos, pode-se verificar que na classe dos lipídios estão incluídos, desde os triacilgliceróis (lipídios de armazenamento, composto por um glicerol esterificando 3 ácidos graxos) até o colesterol (pertencente a um grupo químico em que está incluída também a vitamina D e alguns hormônios) (Figura 4.1).

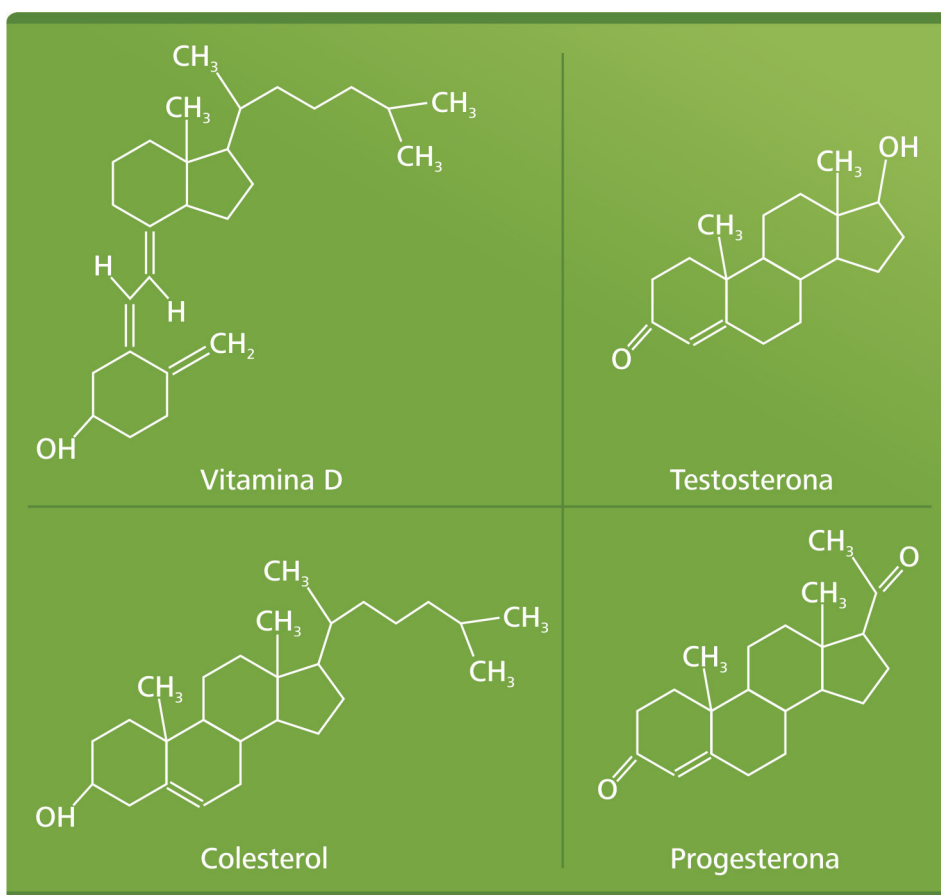


Figura 4.1: Estrutura de alguns lipídios

Fonte: CTISM

Como grande parte dos lipídios de importância na área de alimentos possuem, na sua estrutura, ácidos graxos, este capítulo tratará destes primeiro; em um segundo momento, tratará de aspectos mais complexos de sua participação nesta classe de substâncias.

4.2 Os ácidos graxos

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com elevado número de carbonos (de 4 até mais de 20 carbonos) (Figura 4.2). Por estarem presentes em grande parte dos lipídios, esses emprestam suas propriedades físico-químicas a essas substâncias. Reside aí a importância de estudá-los mais de perto.

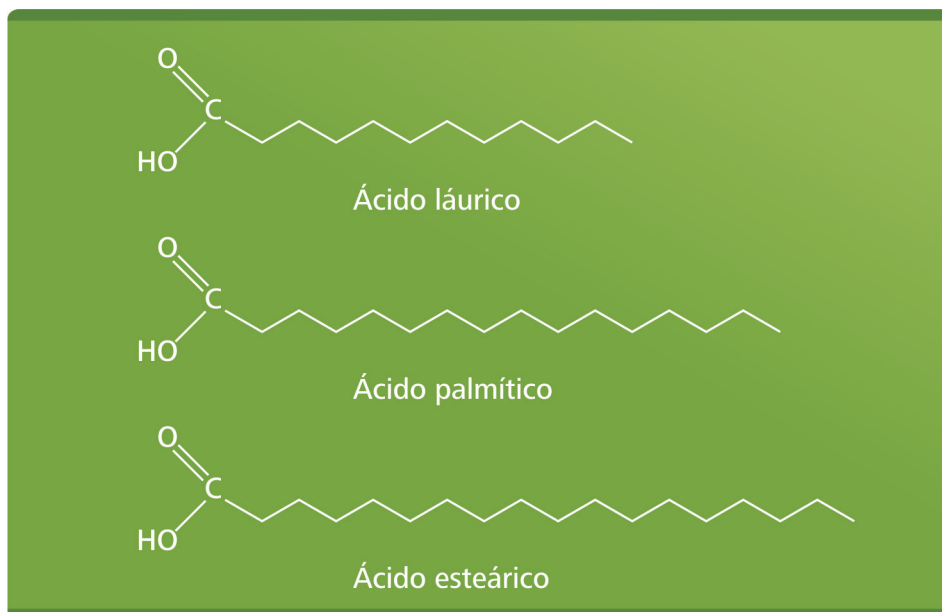


Figura 4.2: Estrutura de alguns ácidos graxos

Fonte: CTISM

4.2.1 Os ácidos graxos podem ser saturados ou insaturados

Além da variação de peso molecular, em função do número de carbonos, os ácidos graxos podem ter diferenças referentes à presença de duplas ligações entre os carbonos. Quando as duplas ligações estão presentes nas moléculas dos ácidos graxos, estes são chamados insaturados (Figura 4.3). Os ácidos graxos insaturados possuem características físico-químicas como ponto de ebulição e de fusão diferentes em relação àqueles com mesmo número de carbonos, mas saturados.

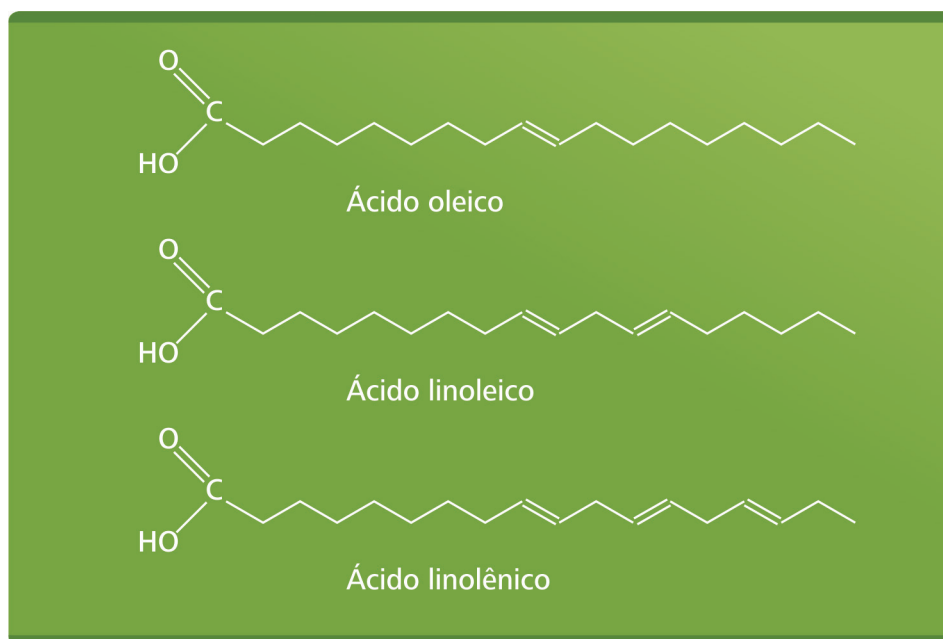


Figura 4.3: Estrutura de alguns ácidos graxos insaturados

Fonte: CTISM

Nos alimentos, os ácidos graxos saturados estão presentes em maior quantidade nos lipídios de origem animal, como, na banha. Por terem ponto de fusão mais elevado, a banha e outros lipídios de origem animal tendem a ser sólidos em temperatura ambiente e são comumente chamados “gorduras”. Por outro lado, os ácidos graxos insaturados estão presentes em maior quantidade em lipídios de origem vegetal, como, no óleo de soja. Por terem ponto de fusão mais baixo, o óleo de soja e outros lipídios de origem vegetal tendem a ser líquidos em temperatura ambiente e são comumente chamados de “óleos”.

Devido à presença de insaturações, os ácidos graxos podem ter configurações **cis** ou **trans**, dependendo do arranjo das cadeias carbonadas em torno da insaturação. Quando as cadeias carbonadas se dispõem em um mesmo lado em torno da insaturação, este adota a conformação *cis*. Os ácidos graxos de ocorrência natural são todos pertencentes a esta conformação. Por outro lado, quando as cadeias carbonadas estão dispostas em lados opostos em relação à insaturação, este adota a conformação **trans**. Os ácidos graxos podem adotar esta conformação somente após processos tecnológicos como o aquecimento. Os ácidos graxos **trans** possuem pontos de fusão e de ebulição mais elevados do que seus correspondentes **cis**, tendendo a ser sólidos em temperatura ambiente e por isso, serem considerados prejudiciais a nossa saúde devido à habilidade em acumular, formando placas de gordura em nossa circulação sanguínea (Figura 4.4).

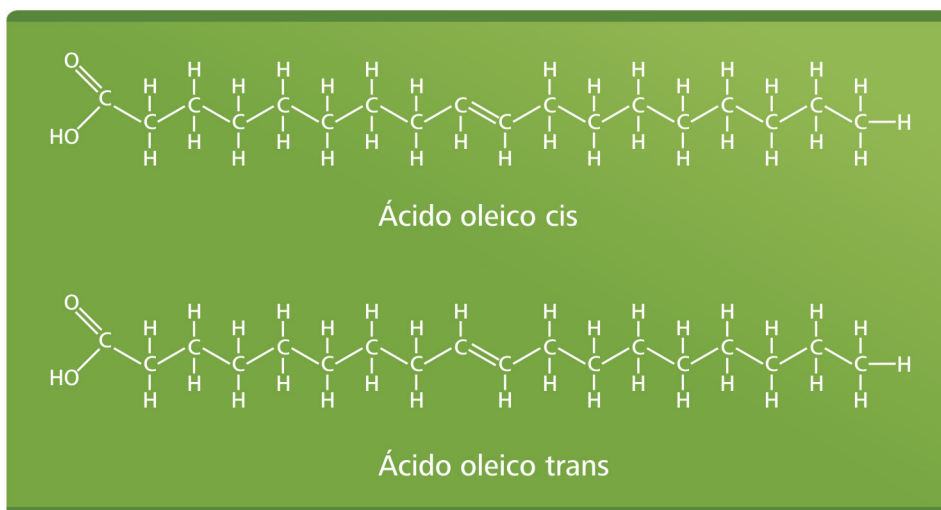


Figura 4.4: Estrutura dos ácidos graxos cis e trans

Fonte: CTISM

4.3 Os triacilgliceróis

Os triacilgliceróis são ésteres de ácidos graxos e glicerol (as três hidroxilas do glicerol estão esterificadas com ácidos graxos). São os principais componentes dos óleos e das gorduras (lipídios de depósito) (Figura 4.5).

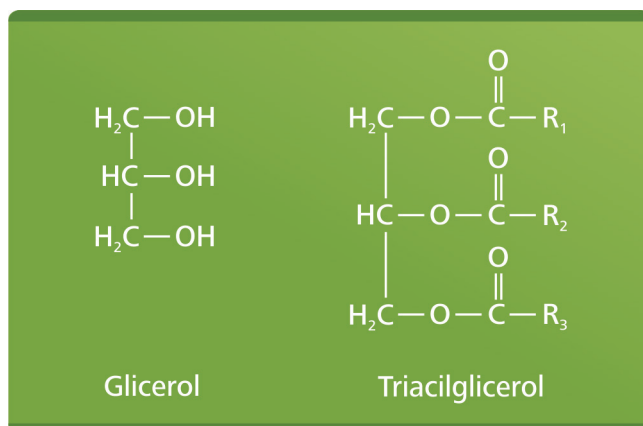


Figura 4.5: Estrutura do glicerol e do triacilglicerol – R = cadeia carbonada do ácido graxo

Fonte: CTISM

4.4 Os glicerofosfolipídios

Os glicerofosfolipídios ou fosfolipídios são ésteres do glicerol com ácidos graxos que contêm ainda na molécula ácido fosfórico e um composto nitrogenado. Dessa forma, os fosfolipídios possuem uma parte polar (base nitrogenada) e uma parte apolar (ácidos graxos). A primeira é capaz de interagir com a água, enquanto a segunda é capaz de interagir com outras substâncias apolares.

Devido a essa característica peculiar, os fosfolipídios são capazes de estabilizar misturas água + óleo (emulsões). Possuem importância na formação da membrana celular, sistema nervoso central e sangue (Figura 4.6). Os principais fosfolipídios são a lecitina, a cefalina e a cardiolipina.

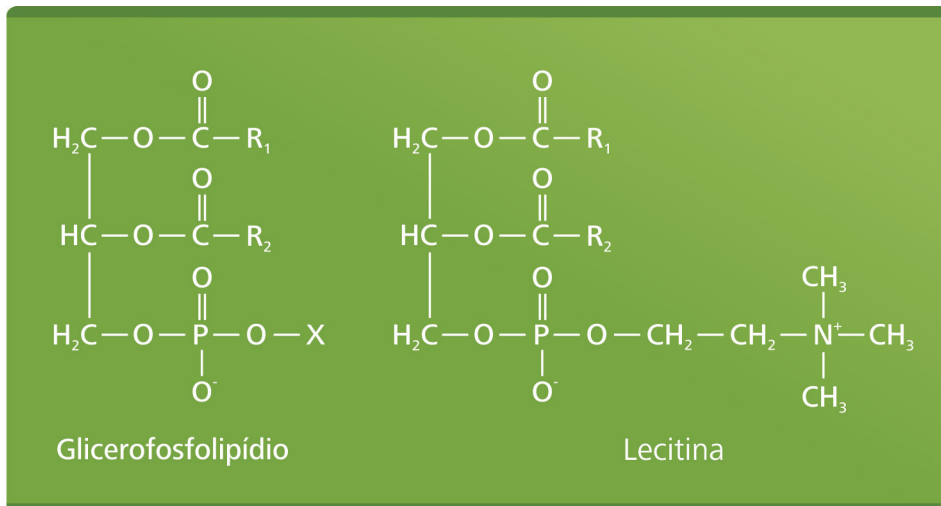


Figura 4.6: Estrutura de um glicerofosfolipídio (R = cadeia carbonada do ácido graxo; X = base nitrogenada) e da lecitina

Fonte: CTISM

4.5 Lipídios não saponificáveis

São substâncias insolúveis em água com elevado ponto de fusão que não contam com ácidos graxos e glicerol em sua estrutura. Os principais representantes são o colesterol, o sitosterol, as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (Figuras 4.7 e 4.8) e os pigmentos carotenoides.

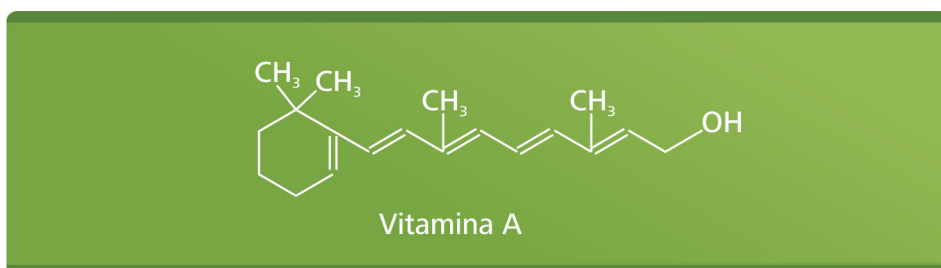


Figura 4.7: Estrutura da vitamina A

Fonte: CTISM

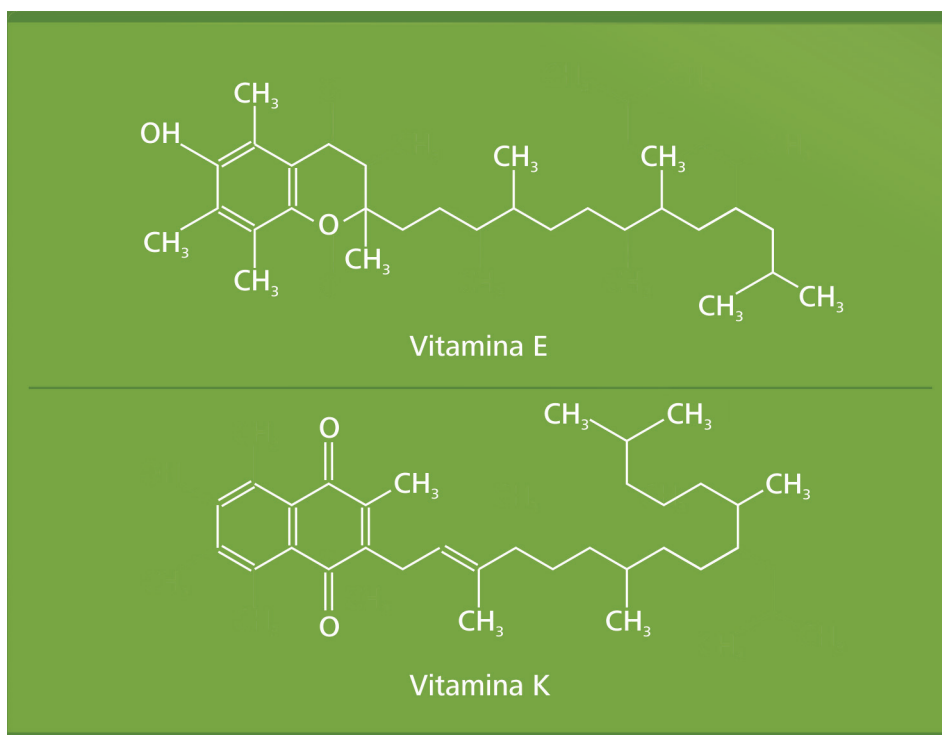


Figura 4.8: Estrutura das vitaminas E e K

Fonte: CTISM

4.6 Principais reações dos lipídios nos alimentos

As reações químicas sofridas pelos lipídios presentes nos alimentos são concentradas nas duplas ligações dos ácidos graxos insaturados e na ligação éster.

4.6.1 Hidrogenação

Nessa reação, o hidrogênio na presença de catalizadores específicos (Ni/Pt/Pd) sob aquecimento é adicionado à dupla ligação dos ácidos graxos insaturados, eliminando a insaturação, tornando-a uma ligação simples (saturada) (Figura 4.9).

Assim, essa reação gera lipídios com maior ponto de fusão e de ebulição devido à diminuição do grau de insaturação dos lipídios, obtendo-se a partir de óleos vegetais (líquidos a temperatura ambiente), produtos sólidos a temperatura ambiente. Essa é a reação responsável pela transformação da gordura vegetal em margarina.



A mistura de níquel, platina e paládio (Ni/Pt/Pd) é utilizada como catalizador (aceleradores) das reações químicas.

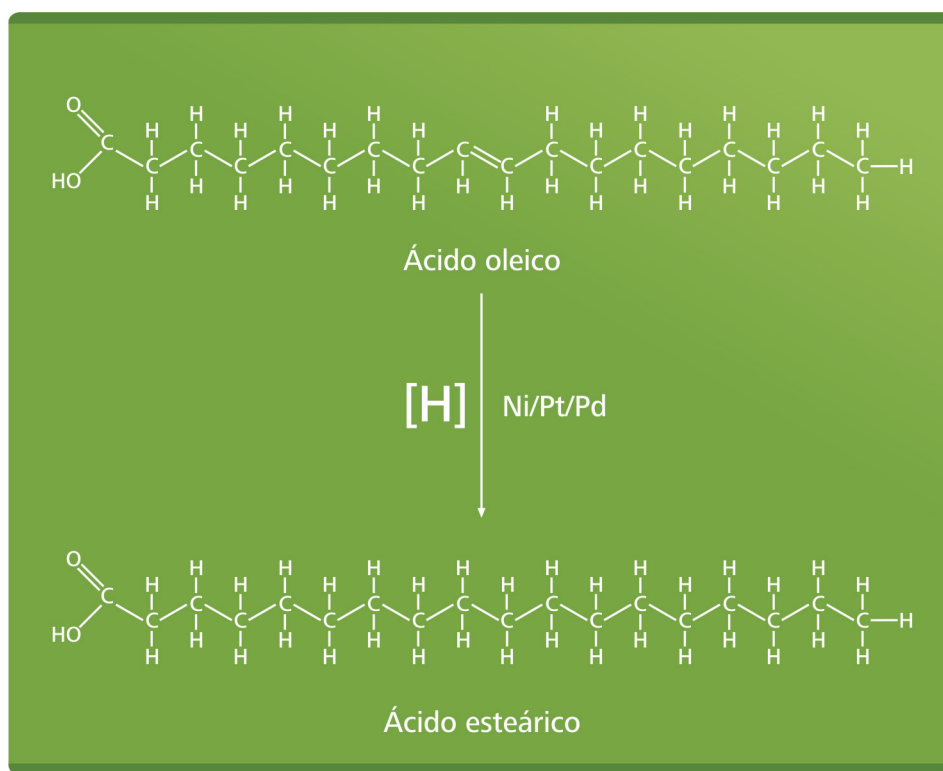


Figura 4.9: Reação de hidrogenação do ácido oleico

Fonte: CTISM

4.6.2 Rancificação hidrolítica

A rancificação hidrolítica é caracterizada pela quebra das ligações éster dos acilgliceróis, formando glicerol e ácidos graxos livres (Figura 4.10). Os ácidos graxos livres, além de tornarem as gorduras mais suscetíveis à oxidação, emprestam sabor e aroma desagradáveis ao alimento (ranço). Em alguns queijos essa reação é desejável, mas na maioria dos alimentos, não.

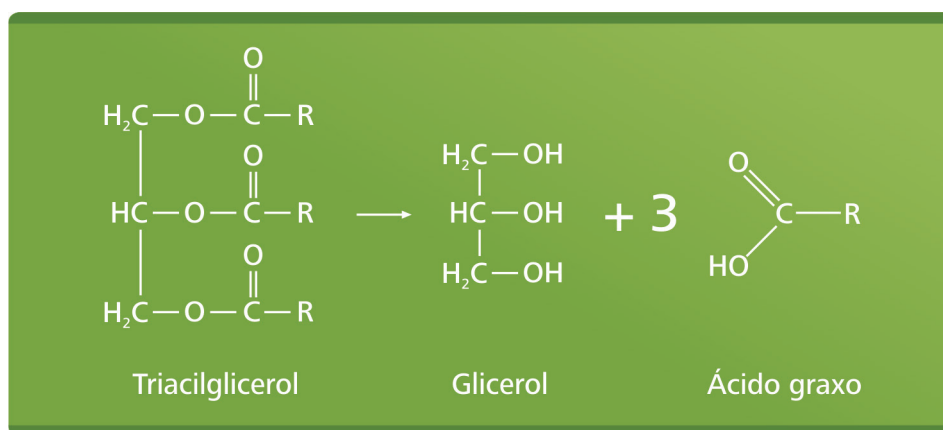


Figura 4.10: Reação de rancificação hidrolítica

Fonte: CTISM

Essas ligações químicas podem ser quebradas por enzimas (lipases) ou pela exposição do alimento a elevadas temperaturas, característica na degradação da manteiga, formando ácidos graxos livres voláteis, responsáveis pelo cheiro de ranço.

4.6.3 Rancificação oxidativa e uso de antioxidantes

Na rancificação oxidativa, ou auto-oxidação dos lipídios, ou rancificação auto-oxidativa, os ácidos graxos insaturados são oxidados e têm sua estrutura quebrada em álcoois, ácidos carboxílicos e cetonas de baixo peso molecular (voláteis) que emprestam sabor e aroma anômalos aos alimentos, conhecidos por ranço.

Para que essa reação se inicie é necessária a presença no meio, além de ácido graxo insaturado, de um agente catalizador (metais de transição, como Fe^{++} ou Cu^{++}) e de oxigênio molecular.

Esta reação de deterioração pode ser minimizada se o alimento for refrigerado ou armazenado em atmosfera modificada ou vácuo (ausência de oxigênio).

Para retardar os efeitos da oxidação das gorduras nos alimentos, podem-se adicionar substâncias chamadas antioxidantes como o galato de propila, o butil-hidroxianisol (BHA) e o butil-hidroxitolueno (BHT).

4.7 Análise em laboratório, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008

Para determinação do teor de lipídios em uma amostra de alimento, a metodologia mais comum é a da extração contínua em aparelho de Soxhlet, ou determinação do extrato etéreo.

Nesse método, a amostra tem seus lipídios extraídos a frio na presença de éter. O solvente é depois evaporado, e a massa de lipídios extraída é determinada.

Exemplo

Um técnico em laboratório necessita determinar o teor de lipídios totais em uma amostra de barra de cereal. A determinação será conduzida utilizando triplicatas (Prova 1, Prova 2 e Prova 3). Ele realizou os procedimentos em sequência, conforme se ve a seguir:

1. Pesou exatamente 3 g de amostra em cartucho de papel desengordurado e transferiu para o extrator de Soxhlet (Figura 4.11).

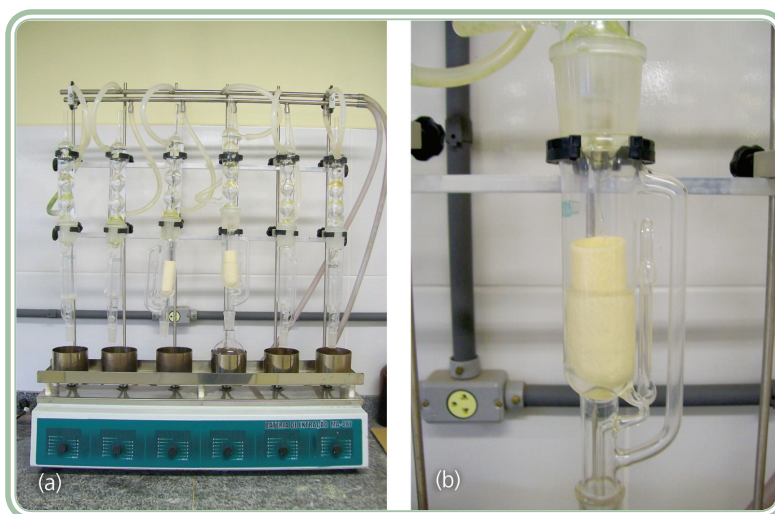


Figura 4.11: (a) Bateria para extração de gorduras e (b) detalhe do extrator de Soxhlet
 Fonte: Autor

2. Adicionou ao extrator o solvente (éter) e adaptou refrigerador de bolas.
3. Manteve extração contínua (sob aquecimento) por 8 horas.
4. Após, o éter foi destilado, e secou-se o resíduo em estufa a 105°C por 1 hora.
5. Após ser resfriado, foi determinado o peso do resíduo (conforme a Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Peso dos extratos etéreos obtidos na determinação de lipídios totais em barra de cereal

	Resíduo (extrato etéreo)
Prova 1	0,11 g
Prova 2	0,13 g
Prova 3	0,13 g

Fonte: Autor

6. Os dados foram aplicados à fórmula que segue:

$$\text{Lipídios ou extrato etéreo, \% (m/m)} = \frac{Pr}{Pa} \times 100$$

Onde: Pr = peso do resíduo
 Pa = peso da amostra

Os resultados estão demonstrados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Resultados da determinação de lipídios totais em amostra de barra de cereal

Lipídios ou extrato etéreo	
Prova 1	3,67% m/m
Prova 2	4,33% m/m
Prova 3	4,33% m/m
Média	4,11% m/m
Desvio padrão	0,38% m/m

Fonte: Autor

Resumo

Nesta aula, apresentaram-se as gorduras (lipídios). Verificou-se que os lipídios são insolúveis em água, que a maioria é composta por ácidos graxos e que estes ácidos graxos podem ter diferentes números de carbono e de insaturações, o que modifica as propriedades físicas dos lipídios que os contêm. Nos alimentos, os lipídios de maior importância são os triacilgliceróis e os fosfolipídios. Esses compostos podem sofrer várias reações químicas às vezes desejáveis (hidrogenação) e outras vezes indesejáveis (rancificação). Você também aprendeu o procedimento para determinação de lipídios em alimentos.

Atividades de aprendizagem



1. O que são lipídios?
2. O que são ácidos graxos? Como seu grau de insaturação influencia suas propriedades?
3. Diferencie triacilgliceróis e glicerofosfolipídios.
4. Explique a reação de hidrogenação.
5. Na determinação do extrato etéreo, qual é a função do éter?
6. O que é rancificação oxidativa?



Aula 5 – Proteínas

Objetivos

Reconhecer a composição e estrutura das proteínas.

Identificar a desnaturação das proteínas.

Reconhecer as propriedades funcionais das proteínas nos alimentos.

Aplicar o método de Kjeldahl para determinação de proteínas.

5.1 Importância e caracterização das proteínas

As proteínas estão presentes em vários alimentos importantes da dieta humana, como pães, massas e carnes (Tabela 5.1).

Tabela 5.1: Conteúdo de proteínas de alguns alimentos

Alimento	Proteína total (%)
Pão branco	8,4
Arroz	2,6
Massa	3,6
Ovo	12,5
Carne	20,3
Lentilha	24,3
Chocolate puro	4,7
Batata frita	5,6

Fonte: Coultrate, 2004

As proteínas são moléculas complexas constituídas por aminoácidos unidos entre si através da chamada ligação peptídica.

Os aminoácidos são ácidos carboxílicos que possuem um grupo amino ligado ao carbono alfa à carbonila. Ainda, a este mesmo carbono está ligada também uma cadeia R (Figura 5.1), que pode ser desde um hidrogênio (H) no aminoácido mais simples (glicina), cadeias alquílicas de vários tamanhos contendo ou não grupos funcionais específicos (álcoois, ácidos, amino), até estruturas cíclicas como o anel aromático (fenilalanina). Devido à variedade de cadeias

R disponíveis, existem, no total, 20 aminoácidos. Além dos dois já citados, também compõem as proteínas os seguintes aminoácidos: alanina, valina, leucina, isoleucina, prolina, tirosina, triptofano, lisina, arginina, histidina, aspartato, glutamato, serina, treonina, cisteína, metionina, asparagina e glutamina (Figura 5.2).

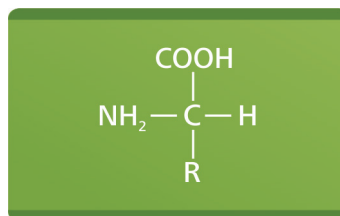


Figura 5.1: Estrutura básica de um aminoácido

Fonte: CTISM

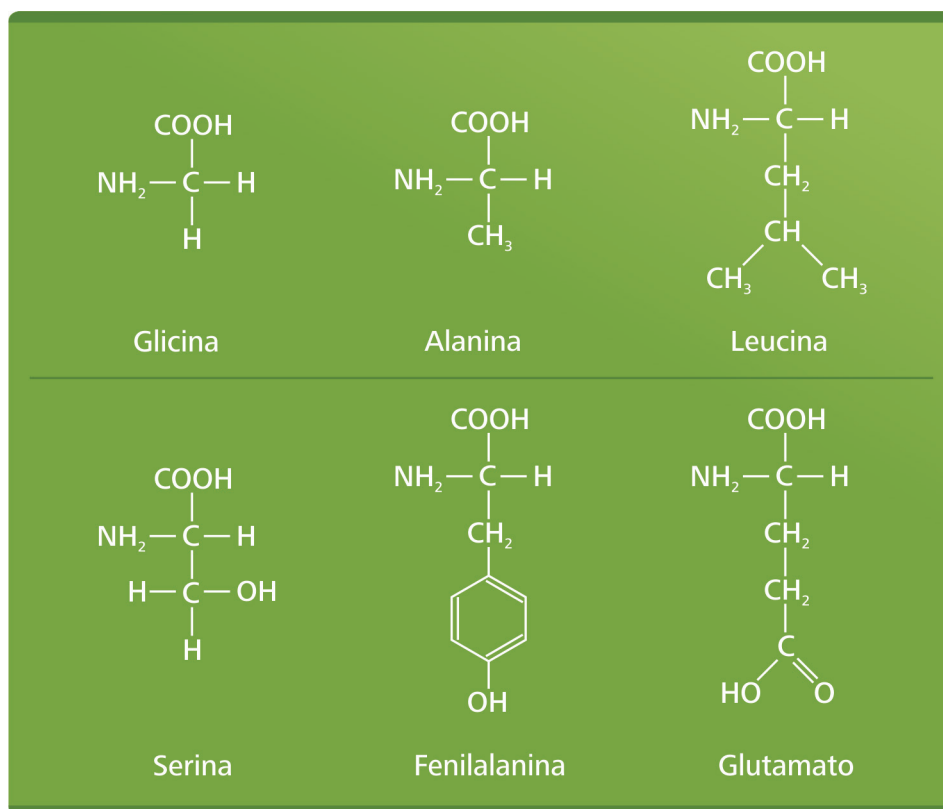


Figura 5.2: Estrutura de alguns aminoácidos

Fonte: CTISM

Os aminoácidos unem-se através da ligação peptídica entre o grupo carbonila do primeiro aminoácido e o grupo amino do segundo aminoácido para formar a proteína (Figura 5.3). O número total de aminoácidos nas proteínas pode variar de algumas dezenas até vários milhares.

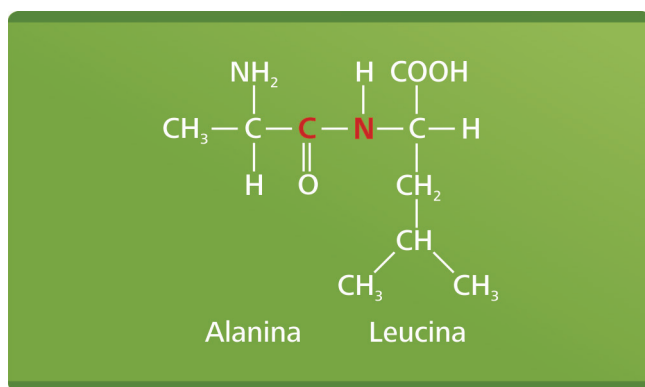


Figura 5.3: Ligação peptídica entre os aminoácidos alanina e leucina. A ligação peptídica ocorre entre o carbono da carbonila do primeiro aminoácido e o grupo amino do segundo aminoácido (marcados em vermelho)

Fonte: CTISM

Além dos aminoácidos, as proteínas podem ser também formadas por outros componentes, como minerais (ferro, cobre, fósforo e outros) e grupos químicos específicos (como o grupo heme, por exemplo).

Nos organismos vivos as proteínas desempenham várias funções, como fonte de energia (4 kcal/g), enzimas, hormônios, transportadores, estrutural, contração muscular e outras.

Nos alimentos as proteínas, além da função nutricional, apresentam propriedades funcionais de grande importância para a indústria de alimentos, como as propriedades emulsificantes e espumantes que serão tratadas ainda nesta aula.

5.2 Estrutura das proteínas

Devido ao grande número de aminoácidos que compõem as proteínas e das diferentes distribuições destes, com grande influência deles sobre as propriedades físico-químicas das proteínas que afetam, principalmente a forma como estas interagem com a água, as proteínas podem conter grande complexidade estrutural, o que vai influenciar diretamente em suas propriedades e funções nos alimentos.

Assim, a complexidade estrutural das proteínas pode ser estudada através das chamadas “estruturas”, que organizam a conformação das proteínas em forma de crescente complexidade.

5.2.1 Estrutura primária

A estrutura primária consiste da organização mais básica da molécula proteica, isto é, da sequência de aminoácidos que compõem a proteína. Essa sequên-

cia de aminoácidos é determinada geneticamente, sendo que alterações na estrutura primária seja por mudança na ordem dos aminoácidos na cadeia, ou por subtração ou adição de aminoácidos, levam a uma proteína diferente com propriedades e funções diferentes.

5.2.2 Estrutura secundária

Compreende-se por estrutura secundária o arranjo da molécula proteica em torno de um eixo. As estruturas secundárias mais comuns são a alfa-hélice, a estrutura beta-pregueada (Figuras 5.4) e a estrutura do colágeno (Figura 5.5).

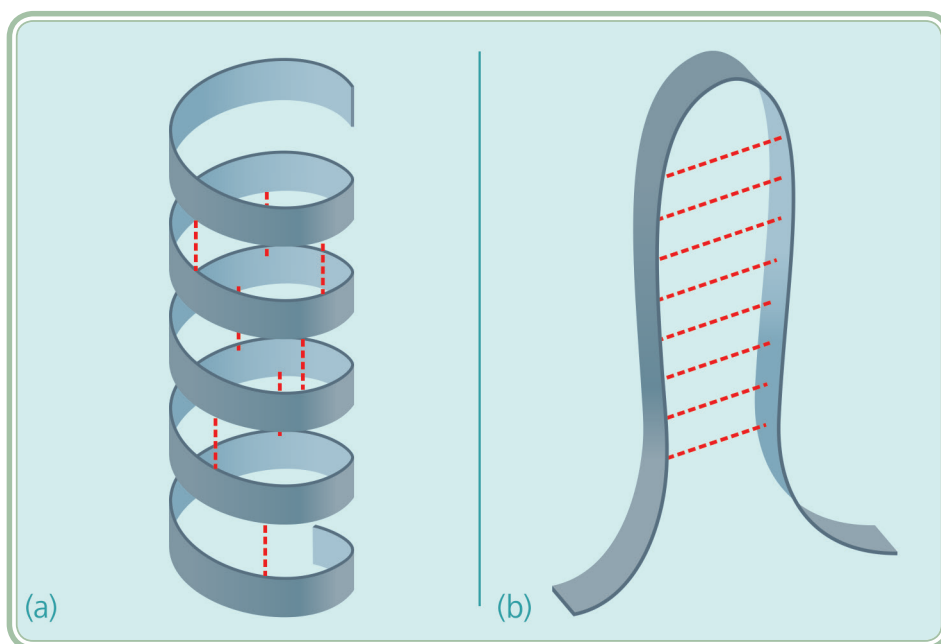


Figura 5.4: Estruturas secundárias – (a) α -hélice e (b) β -pregueada

Fonte: CTISM, adaptado de Lehninger, 2002

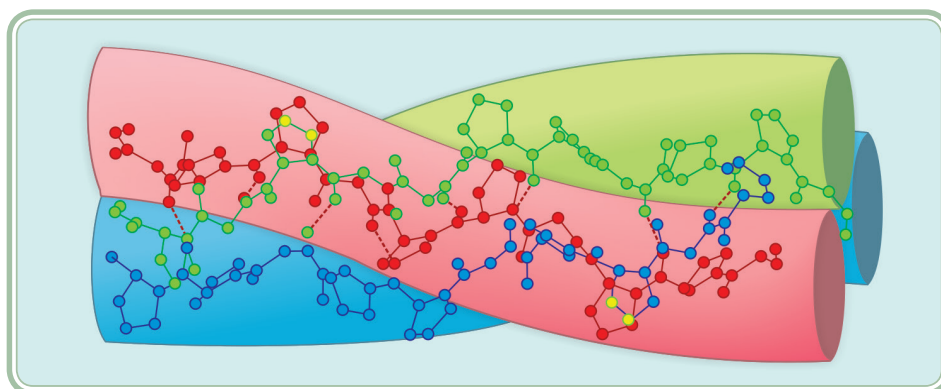


Figura 5.5: Estrutura secundária (do colágeno)

Fonte: CTISM, adaptado de Lehninger, 2002

5.2.3 Estrutura terciária

A estrutura terciária refere-se à estrutura tridimensional das proteínas como resultado das interações entre as cadeias laterais dos aminoácidos que a compõe com o meio em que estão dispersas (Figura 5.6).

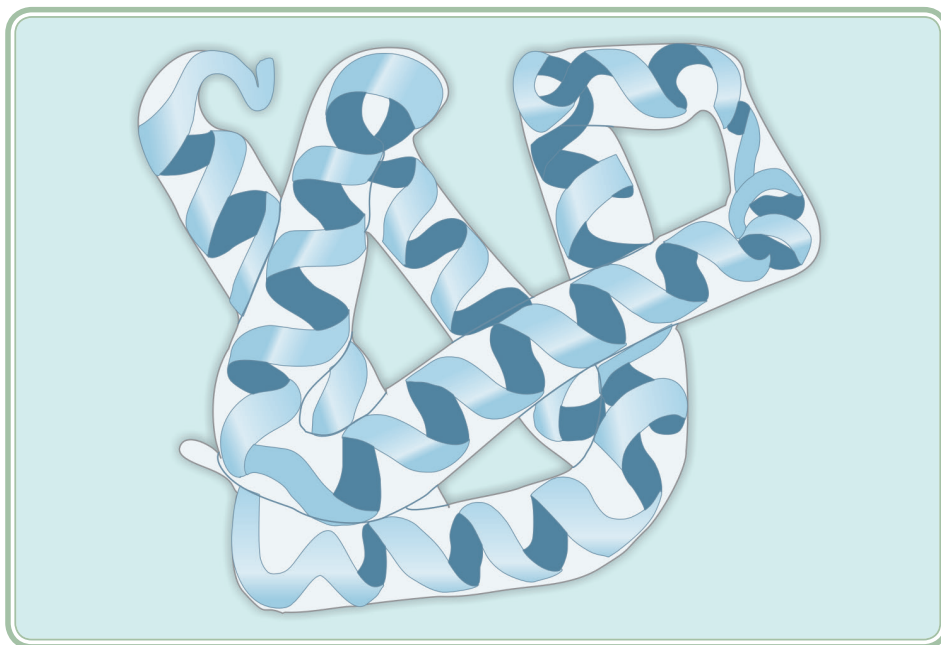


Figura 5.6: Modelo de estrutura terciária das proteínas

Fonte: CTISM, adaptado de Lehninger, 2002

5.2.4 Estrutura quaternária

É o arranjo resultante da interação entre várias moléculas de proteínas.

5.3 A desnaturação das proteínas

As proteínas podem ter suas estruturas secundária, terciária e quaternária alteradas. A este evento chamamos de desnaturação.

As alterações supracitadas ocorrem devido à exposição da proteína aos chamados agentes desnaturantes como aquecimento, agitação, radiação ultravioleta, ácidos, bases, solventes orgânicos e outros.

Em virtude da modificação em sua conformação devido à desnaturação, as proteínas tornam-se insolúveis em água e perdem sua função biológica.

Nos alimentos, a desnaturação pode ser um fenômeno desejável (na geleificação-gel só se forma em proteínas desnaturadas e no amassamento de pães – desnaturação do **glúten**) ou indesejável (perda de capacidade emulsificante, por exemplo).

A-Z

glúten

Conjunto de proteínas (gliadinas e gluteninas) presentes nos grãos dos cereais.

5.4 Propriedades funcionais

As propriedades funcionais das proteínas podem influenciar drasticamente as características sensoriais dos alimentos e nas propriedades dos demais componentes do alimento.

Em tempo, as características das proteínas como tamanho, composição amino-ácida, conformação e outras determinam as propriedades funcionais manifestadas pelas proteínas que vão também depender do meio em que estão dispostas, por parâmetros como pH, temperatura e da presença de outros componentes no alimento como sais e açúcares, que também influenciarão a característica funcional final das proteínas.

A seguir, são sucintamente relacionadas as principais propriedades funcionais das proteínas nos alimentos

5.4.1 Hidratação

A propriedade funcional de hidratação refere-se à capacidade da proteína de ligar e fixar água à sua estrutura. A textura e a viscosidade dos alimentos são características diretamente dependentes da capacidade de hidratação das proteínas.

5.4.2 Solubilidade

Essa propriedade refere-se à proporção de proteína que se mantém em solução, sem sedimentar. Para tal, o solvente considerado é a água.

Proteínas altamente solúveis são aquelas que uma vez em contato com a água, tendem a se dispersar rápida e homogeneamente. Essa característica é desejável em alimentos como molhos, sopas instantâneas, bebidas e outros.

5.4.3 Viscosidade

As proteínas são reconhecidas agentes que conferem viscosidade aos fluidos, em outras palavras, conferem resistência dos mesmos em fluir ou romper-se.

Essa característica é bastante importante em alimentos como cremes, sopas e molhos, que precisam ter viscosidade intermediária.

5.4.4 Geleificação

Entende-se que o processo de formação de gel é o evento de ordenação das proteínas previamente desnaturadas.

Os géis proteicos têm grande importância em alimentos como queijos, embutidos cárneos como a salsicha, gelatinas e outros.

5.4.5 Formação de massa – glúten

As proteínas do glúten possuem a capacidade de formar uma massa visco-elástica quando amassadas na presença de água, sendo a base do processo de panificação.

5.4.6 Propriedade emulsificante

As emulsões consistem de um sistema em que dois líquidos imiscíveis (água e óleo), devido à presença de um agente emulsificante, passam a formar uma mistura estável.

As proteínas, devido à diversidade nas propriedades físico-químicas dos aminoácidos que as compõem e a sua complexidade estrutural, são eficientes agentes emulsificantes nos alimentos.

Esta propriedade funcional é muito importante em alimentos como leite, maioneses, salsichas, sorvetes, molhos e outros.

5.4.7 Propriedade espumante

Compreende-se por espuma a dispersão de bolhas de gás (normalmente ar) em um sistema contínuo líquido ou semissólido. Nas espumas as proteínas agem facilitando e estabilizando a interação entre as bolhas de gás.

Essa propriedade funcional é bastante importante em alimentos como merengues, pães e biscoitos.

5.5 Análise em laboratório, segundo Instituto Adolfo Lutz, 2008

A determinação do teor de proteínas em alimentos geralmente é realizada através do método de Kjeldahl, no qual o teor de nitrogênio da amostra é determinado. Devido a composição das proteínas por aminoácidos, o teor de nitrogênio (dos grupos amino) pode ser diretamente correlacionado com o conteúdo proteico da amostra.

No método de Kjeldahl, a amostra é digerida em ácido sulfúrico, o nitrogênio é separado por destilação por arraste de vapor, e sua quantidade é determinada por volumetria. Utiliza-se um fator de conversão para transformar massa de nitrogênio em massa de proteína.

A-Z

mistura catalítica

A mistura catalítica é obtida pela mistura de dióxido de titânio anidro, sulfato de cobre anidro e sulfato de potássio anidro, na proporção 0,3:0,3:6.

Exemplo

Um técnico em laboratório necessita determinar o teor de proteínas em uma amostra de biscoito. A determinação será conduzida utilizando triplicatas (Prova 1, Prova 2 e Prova 3). Ele realizou os procedimentos em sequência, conforme se descreve a seguir:

1. Pesou exatamente 1 g de amostra em papel de seda e transferiu para o tubo de digestão, adicionando em sequência ácido sulfúrico (25 ml) e **mistura catalítica** (6 g) (Figura 5.7).



Figura 5.7: Tubo de digestão contendo amostra, mistura catalítica e ácido sulfúrico

Fonte: Autor

2. Manteve em aquecimento em bloco digestor a 350°C até a obtenção de solução com cor azul-esverdeada.
3. Após resfriar, adicionou quantidade suficiente de solução concentrada de hidróxido de sódio (suficiente para pequeno excesso de base) e iniciou o processo de destilação por arraste de vapor, recebendo o destilado em 25 ml de solução de ácido sulfúrico 0,05 M (com indicador vermelho de metila) (Figura 5.8). Destila-se até obter de 250 a 300 ml de destilado. Durante esse processo a solução passará do vermelho ao amarelo.



Figura 5.8: Destilado de nitrogênio contendo tubo de digestão (com líquido azul – a) e erlenmeyer contendo ácido sulfúrico (com líquido vermelho – b)

Fonte: Autor

4. O excesso de ácido sulfúrico foi titulado com hidróxido de sódio 0,1 M (Figura 5.9) até que a solução (amarela) volte à cor vermelha.

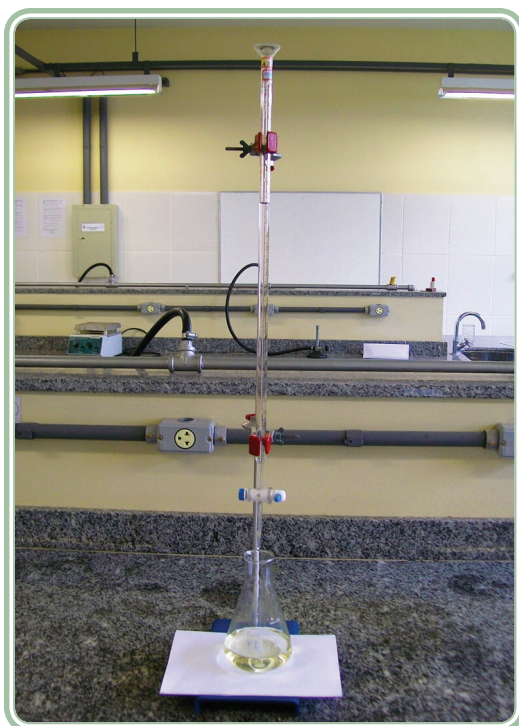


Figura 5.9: Titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 M

Fonte: Autor

5. Os volumes de NaOH 0,1 M gastos que foram utilizados (Tabela 5.2).

Tabela 5.2: Volumes de solução de NaOH 0,1M gastos na titulação	
	Volume de NaOH 0,1 M gasto (ml)
Prova 1	37,4
Prova 2	35,6
Prova 3	36,0

Fonte: Autor

6. Os dados foram aplicados à fórmula a seguir:

$$\text{Proteínas, \% (m/m)} = \frac{V \times 0,14 \times f}{P}$$

Onde: V = diferença entre o número de ml de ácido sulfúrico 0,05 M e o número de ml de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação

f = fator de conversão (utilizado 6,25)*

P = peso da amostra

* Existem outros fatores de conversão, como 5,83 (para farinha de centeio), 5,46 (para amendoim) dentre outros. Para verificar outros fatores de conversão consulte INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008, página 199.

Os resultados estão demonstrados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Concentração de proteínas na amostra de biscoito	
	Proteínas
Prova 1	10,85% m/m
Prova 2	9,27% m/m
Prova 3	9,62% m/m
Média	9,91% m/m
Desvio padrão	0,83% m/m

Fonte: Autor

Resumo

Nesta aula estudamos sobre a importância das proteínas para a área de alimentos. Verificamos que as proteínas são compostas por aminoácidos e que possuem estrutura tridimensional complexa. Por essa característica, podem desempenhar propriedades funcionais muito importantes nos alimentos, além das propriedades nutricionais, como a estabilização de emulsões. Ainda estudamos o método de Kjeldahl para determinação de proteínas em alimentos.

Atividades de aprendizagem



1. O que são aminoácidos?
2. O que são as estruturas primária, secundária, terciária e quaternária das proteínas?
3. Explique o processo de desnaturação da proteína?
4. Quais as principais propriedades funcionais das proteínas nos alimentos?
5. Na determinação de proteínas, qual é a função da destilação por arraste de vapor?



Aula 6 – Minerais e vitaminas

Objetivos

Diferenciar macro e microelementos essenciais.

Identificar a técnica de determinação de cinzas.

Classificar as vitaminas.

Reconhecer a importância das vitaminas nos alimentos.

6.1 Os minerais nos alimentos

Em termos de ciência dos alimentos, considera-se mineral todo componente que, à exceção de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio (que correspondem a 99% do total de átomos dos organismos vivos) faça parte da composição do alimento. Apesar da baixa quantidade relativa, os minerais desempenham funções vitais nos organismos vivos.

Dos 90 elementos químicos de ocorrência natural em nosso planeta, apenas 25 são considerados essenciais à vida e, por esta razão, precisam estar presentes na dieta/ambiente dos seres vivos, pois, diferentemente dos açúcares, lipídios e proteínas, estes não podem ser sintetizados.

Considera-se mineral essencial àquele que, se for removido da dieta do organismo vivo resulta em debilitamento consistente e reprodutível de uma função biológica.

Dentre os minerais essenciais podemos ter os chamados macroelementos, que possuem necessidade de ingesta entre 0,1 e 1,0 g/dia (como cálcio, fósforo, magnésio e outros) e os microelementos, com necessidade de ingesta inferior a 0,1 g/dia (como iodo, selênio, cobre e outros).

Quanto à origem, os minerais presentes nos alimentos podem ser de ocorrência natural, provenientes de contaminação durante a colheita, incorporados involuntariamente durante o processamento/armazenamento ou intencionalmente adicionados.

6.1.1 Análise em laboratório, segundo o Instituto Adolfo Lutz, 2008

A determinação do teor de minerais em alimentos geralmente é realizada através da obtenção do “resíduo por incineração” mais conhecido por “cinzas”.

Para obtenção do teor de cinzas é necessário que a amostra de alimento seco seja aquecida a 550°C, temperatura na qual os componentes orgânicos se decompõem, restando apenas o conteúdo mineral.

Exemplo

Um técnico em laboratório necessita determinar o teor de cinzas em uma amostra de biscoito. A determinação será conduzida, utilizando triplicatas (Prova 1, Prova 2 e Prova 3). Ele realizou os procedimentos em sequência, conforme se descreve a seguir:

1. Pesou de 5 a 10 g de amostra previamente pulverizada em cápsula de porcelana (previamente seca em estufa). Foi verificado o peso da cápsula vazia e na presença de amostra (Tabela 6.1).

Tabela 6.1: Relação dos pesos das cápsulas utilizadas na determinação de cinzas e das amostras a serem analisadas

	Pesos (g)		
	Cápsula	Cápsula + amostra	Amostra*
Prova 1	57,34	66,48	9,14
Prova 2	59,80	65,12	5,32
Prova 3	55,39	64,58	9,19
* = (cápsula + amostra) – (cápsula)			

Fonte: Autor

2. Levou as amostras ao forno tipo mufla e manteve aquecimento a 550°C por 4 horas ou até obter cinzas brancas ou levemente cinza.
3. Após resfriamento, pesou as cinzas obtidas (Tabela 6.2).

Tabela 6.2: Relação dos pesos das cápsulas utilizadas na determinação de cinzas e das cinzas obtidas

	Pesos (g)		
	Cápsula	Cápsula + amostra	Cinza*
Prova 1	57,34	57,83	0,49
Prova 2	59,80	60,11	0,31
Prova 3	55,39	55,92	0,53
* = (cápsula + cinza) – (cápsula)			

Fonte: Autor

4. Aplicou os dados à fórmula que segue, obtendo os resultados constantes na Tabela 6.3.

$$\text{Cinzas, \% (m/m)} = \frac{N}{P} \times 100$$

Onde: N = peso das cinzas

P = peso da amostra

Tabela 6.3: Concentração de cinzas na amostra de biscoito

Cinzas	
Prova 1	5,36% m/m
Prova 2	5,83% m/m
Prova 3	5,77% m/m
Média	5,66% m/m
Desvio padrão	0,26% m/m

Fonte: Autor

6.2 As vitaminas

Vitaminas são substâncias orgânicas, sem uniformidade química ou estrutural, não produzidas por animais desenvolvidos, mas essenciais ao seu metabolismo. Dessa forma, a presença das vitaminas na dieta dos animais e do homem é essencial para a manutenção da vida, evitando as síndromes decorrentes da carência delas.

As vitaminas podem ser classificadas quanto à sua solubilidade em lipossolúveis e hidrossolúveis.

6.2.1 As vitaminas lipossolúveis

Pertencem a essa classe de vitaminas a vitamina A (retinol), a vitamina D (ergocalciferol), a vitamina E (tocoferol) e a vitamina K (filoquinona) (Tabela 6.4).

Tabela 6.4: Importância das vitaminas lipossolúveis

Vitamina	Principais funções	Doença resultante da carência	Principais fontes
A	Crescimento do organismo animal e resistência a doenças	Cegueira noturna	Repolho, fígado, ovos, leite, margarina
D	Controla o metabolismo do cálcio e do fósforo	Raquitismo	Ovos, laticínios, óleo de fígado de bacalhau
E	Antioxidante	Infertilidade, aborto, queda de cabelo	Óleo de gérmen de trigo, castanha do Pará, ovos
K	Fator coagulante	Hemorragia	Repolho, carne, ovos, tomate, espinafre

Fonte: Autor

6.2.2 As vitaminas hidrossolúveis

Pertencem a essa classe de vitaminas o complexo vitamínico B e a vitamina C.

O complexo vitamínico B é composto por várias vitaminas:

- Tiamina – Vitamina B₁
- Riboflavina – Vitamina B₂
- Niacina
- Nicotinamida
- Ácido pantotênico = Vitamina B₃ ou B₅
- Ácido p-Aminobenzoico (PABA)
- Ácido fólico
- Piridoxina – Vitamina B₆
- Cianocobalamina – Vitamina B₁₂
- Biotina
- Inositol
- Colina

Essas vitaminas atuam em processos metabólicos importantes do organismo, sendo normalmente encontradas em alimentos como carnes, fígado, ovos e leite.

Já a vitamina C (ácido ascórbico), encontrada principalmente em frutas cítricas, possui como função a defesa antioxidante do organismo. Sua deficiência leva à manifestação do escorbuto (caracterizado por hemorragias e dificuldade de cicatrização).

Resumo

Nesta aula, você pôde entender melhor os minerais e as vitaminas nos alimentos. Verificou que os minerais essenciais podem ser classificados quanto as quantidades necessárias para a dieta dos animais e que a principal técnica utilizada para verificar a presença deles é a determinação de cinzas. Estudou também que as vitaminas podem ser classificadas quanto à sua solubilidade e que possuem funções diferentes no organismo.

Atividades de aprendizagem



1. O que são minerais essenciais?
2. Diferencie macro e microelementos essenciais.
3. O que ocorre com a amostra durante a incineração para obtenção de cinzas?
4. O que são vitaminas?
5. Como as vitaminas podem ser classificadas?
6. Cite algumas vitaminas e suas funções.

Referências

COULTATE, T. P. **Alimentos**: a química de seus componentes. 3. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes**: padronização, preparação, purificação, indicadores de segurança, descarte de produtos químicos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

Currículo do professor-autor

Rodrigo Cordeiro Bolzan é graduado em Farmácia e Bioquímica (Tecnologia de Alimentos) (2000), mestre em Bioquímica Toxicológica (2002) e doutor em Química – Química Analítica (2007), pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria – Campus de Frederico Westphalen-RS, na qual atua no curso de Tecnologia em Alimentos nas disciplinas de Química Analítica e Bromatologia.



