Bromatologia

Bromatologia

Enilene de França Cordeiro Freiria

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente
Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica
Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Danielly Nunes Andrade Noé
Grasiele Aparecida Lourenço
Isabel Cristina Chagas Barbin
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
Rafaela Benatti de Oliveira

Editorial
Camila Cardoso Rotella (Diretora)
Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)
Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)
Letícia Bento Pieroni (Coordenadora)
Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Freiria, Enilene de França Cordeiro
F866b Bromatologia / Enilene de França Cordeiro Freiria. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
216 p.

ISBN 978-85-522-0534-0

1. Alimentos – Qualidade. 2. Nutrição. I. Freiria, Enilene de França Cordeiro. II. Título.

CDD 664.07

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 — Londrina — PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: http://www.kroton.com.br/

Sumário

Unidade 1 | Introdução ao estudo da bromatologia 7

Seção 1.1 - Composição centesimal dos alimentos 10
Seção 1.2 - Rotulagem nutricional 25
Seção 1.3 - Métodos analíticos para alimentos 40

Unidade 2 | Água e carboidratos 57

Seção 2.1 - Água dos alimentos 59
Seção 2.2 - Carboidratos dos alimentos 75
Seção 2.3 - Polissacarídeos dos alimentos 92

Unidade 3 | Proteínas e lipídeos 109

Seção 3.1 - Proteínas dos alimentos 111
Seção 3.2 - Enzimas em alimentos 129
Seção 3.3 - Lipídeos em alimentos 141

Unidade 4 | Vitaminas, minerais e aditivos 159

Seção 4.1 - Vitaminas 161
Seção 4.2 - Minerais 178
Seção 4.3 - Aditivos alimentares 193

Palavras do autor

Caro aluno, daremos início ao estudo da Bromatologia, ou seja, ciência dos alimentos, que consiste em estudar os constituintes químicos dos alimentos e suas interações, de modo que seja possível entender como os alimentos podem ser processados e conservados.

Pense em um alimento processado. Agora, imagine sua composição química. Perceba que esse alimento é formado a partir de moléculas de proteínas, carboidratos, aditivos e gorduras, que, de certa forma, irão interagir quimicamente entre si, gerando uma série de características peculiares a cada produto. Você já parou para pensar o que acontece com os constituintes químicos dos alimentos quando estes passam por processos tecnológicos? É preciso conhecer profundamente a composição química dos alimentos para saber as transformações que seus componentes sofrerão e, consequentemente, selecionar o método de processamento mais adequado a ser aplicado.

Para que vocês compreendam as propriedades dos principais constituintes químicos dos alimentos e suas possíveis alterações durante seu processamento e armazenamento, bem como entendam a importância desses elementos que compõem os alimentos para fornecer as características químicas, físicas, sensoriais e nutricionais tanto dos alimentos "in natura" quanto dos industrializados, é necessário ler o livro didático, acessar os links de pesquisa e sempre buscar aprender mais.

Na primeira unidade, estudaremos sobre a composição centesimal dos alimentos, as normas de rotulagem para alimentos processados e os principais métodos analíticos utilizados em alimentos.

Na segunda unidade, aprenderemos sobre como o tipo de água presente nos alimentos influencia na sua conservação e os principais tipos de carboidratos presentes nos alimentos e suas aplicações.

Já na terceira unidade, analisaremos a importância de conhecer os tipos de proteínas presentes nos alimentos, bem como suas características; conheceremos os tipos de enzimas e lipídeos presentes nos diferentes tipos de alimentos e suas aplicações na tecnologia de processamento, assim como sua importância nutricional.

E, por fim, na quarta unidade, entenderemos como as vitaminas, os minerais e os aditivos influenciam nas características dos alimentos processados.

Ao final deste livro didático, teremos uma visão global das transformações sofridas pelos constituintes químicos dos alimentos e sobre quais são as consequências desses processos nas características químicas, físicas, sensoriais e nutricionais.

Introdução ao estudo da bromatologia

Convite ao estudo

Caro aluno, a bromatologia consiste em estudar os constituintes químicos dos alimentos e suas interações, de modo que seja possível entender como os alimentos podem ser processados e conservados. Nesse contexto, é possível ter uma alimentação saudável a partir de alimentos processados? Conhecendo a composição do alimento, é possível desenvolver novos alimentos saudáveis? A análise de alimentos possibilita a fabricação de alimentos mais adequados à população com algum problema de saúde? Como é possível saber o valor nutritivo de um alimento? Como saber se determinada refeição, natural ou processada, é saudável? Para conhecer profundamente um alimento, saber como este será transformado e como ele originará um produto extremamente aceitável, é de fundamental importância que se conheça a natureza química de seus constituintes.

Ao final da Unidade 1, você terá pleno domínio da competência técnica que é compreender a composição química dos alimentos e suas principais características, bem como dos principais métodos para análise de alimentos e saberá buscar e montar, de acordo com as normas técnicas, um rótulo para alimentos.

Os objetivos desta unidade visam orientar sobre a composição química dos alimentos e as diferentes formas de apresentá-los aos consumidores, assim como abordar os principais métodos em análise de alimentos.

Para compreendermos o assunto, atingirmos as competências e os objetivos da disciplina, segue uma situação hipotética para que você se aproxime dos conteúdos teóricos juntamente com a prática.

Para os seres humanos, a alimentação inclui, ainda, o sentido emocional, quando o alimento está presente não só pela necessidade orgânica, mas também pelo envolvimento na cultura, no hábito alimentar, em confraternizações e comemorações, ou seja, gerando infinitos sentimentos que tornam o alimento e as refeições um prazer além de nutrir. Assim, fica claro que, para produzir um alimento mais nutritivo, com uma maior vida de prateleira e com um valor sensorial melhor do que apresentava antes de ser processado, é necessário definir sua composição química.

As pessoas escolhem frequentemente realizar refeições com os amigos ou com a família, e isso geralmente se torna uma ocasião social. Sobre isso, Carmem sabe muito bem, pois, além de elaborar jantares para a família, ela sempre convida os amigos para um lanche. Por essa paixão pelos alimentos, ela resolveu cursar a graduação em Nutrição. Carmem já sabe a importância de uma refeição composta por variados tipos de alimentos, pois a composição e o tipo de substância química presente, bem como a mistura de tudo isso, pode gerar sensações extremamente agradáveis e prazerosas, ou não.

Eliane, nutricionista, é casada e tem um filho adolescente. Ela e o marido precisam trabalhar em período integral, por isso, seu filho fica, durante a tarde, aos cuidados da avó. Por não ter tempo para elaborar os lanches para o filho, Eliane sabe que ele está obeso e precisa urgentemente modificar sua alimentação, uma vez que está comendo muitos alimentos processados e pré-prontos. Eliane conseguirá ajudar seu filho, mesmo tendo de comprar alimentos industrializados? Como saber se a composição química de um alimento está devidamente na proporção certa?

Márcia, biomédica, trabalha no desenvolvimento de produtos alimentícios de origem animal e, para isso, precisa saber exatamente a composição do alimento, conhecer quais e quantos nutrientes o produto tem e a distribuição desses elementos para conseguir produzir um alimento industrializado com as características químicas e sensoriais apropriadas, bem

como criar misturas de alimentos que possam ajudar pessoas com obesidade, pressão alta, diabetes ou outras doenças.

No decorrer desta unidade, será analisada a importância de se conhecer a composição centesimal dos alimentos tanto em nível industrial, quando o alimento será comercializado e consumido após processamento, quanto para os alimentos "in natura". Serão abordadas as normas de rotulagem, sua legislação e a elaboração de rótulos, além dos diversos métodos de análise de alimentos, com ênfase na escolha e determinação de métodos mais adequados. Na Seção 1.1, abordaremos a importância do conhecimento da composição química e do alimento de sua aplicação para a industrialização de alimentos. Já na Seção 1.2, falaremos sobre as normas de rotulagem nutricional e sua legislação vigente. Por fim, na Seção 1.3, discutiremos os principais métodos analíticos usados para alimentos, bem como os principais fatores envolvidos para que essas análises sejam exatas e precisas.

Seção 1.1

Composição centesimal dos alimentos

Diálogo aberto

As pessoas, de modo geral, precisam se esforçar mais para reduzir a ingestão de determinados alimentos, pois estes podem conter compostos que não fazem bem para a saúde. Tal atitude é difícil de ser realizada, pois é necessário melhorar a variedade da dieta e isso pode custar mais tempo e dinheiro. Para Carmem, estudante de Nutrição, misturar alimentos, promover jantares com a família e lanche com os amigos são os programas mais concorridos, pois ela sabe que submeter os alimentos a diferentes processos e ainda fazer combinações de ingredientes torna a refeição ainda mais divertida, saborosa e nutritiva. Seus amigos sempre estão curiosos a respeito do que Carmem preparará! Qual será a mistura dessa vez?

Muitos fatores influenciam na escolha e no hábito alimentar, causando um efeito positivo ou negativo na saúde. Ela sabe que as quantidades de nutrientes consumidas quando se ingere diferentes alimentos são fundamentais para a manutenção da saúde corporal, pois os processos químicos que ocorrem no corpo podem se desenvolver de uma forma melhor e mais eficiente. Como saber se essas misturas são adequadas? O que torna a pimenta picante? O consumo de chocolate realmente acalma? Um copo de vinho funciona na prevenção de doenças? Existe comida perigosa? A cafeína é realmente um estimulante? O que tem no açaí que pode ser rejuvenescedor e energético? Existem realmente alimentos que combatem o câncer? Essas perguntas só podem ser respondidas com o conhecimento do tipo de substância química que determinado alimento tem e qual é a quantidade dessa substância para que alcance o efeito esperado no organismo. Essa estratégia de misturar alimentos contribui para aumentar a diversidade de alimentos ingeridos, mas, às vezes, Carmem não faz escolhas equilibradas de forma a atender às necessidades nutricionais, daí a importância de opções baseadas no conhecimento da composição dos nutrientes nos alimentos.

Não pode faltar

Os alimentos são fundamentalmente substâncias biológicas altamente variáveis e complexas e, devido a essas características, a química de alimentos estuda como definir a composição e as propriedades destes para compreender as principais mudanças químicas que ocorrem durante a produção, o armazenamento e o consumo, e como estas podem ser controladas.

Alimento é definido como uma substância que pode ser utilizada pelos seres vivos para gerar energia e matéria, de modo que os organismos consigam realizar suas funções vitais, ou seja, crescer, se desenvolver e se reproduzir. Além das várias substâncias que não são necessárias para a manutenção das funções biológicas, os alimentos contêm compostos químicos, como condimentos, corantes, fitoquímicos, conservantes e substâncias naturalmente tóxicas, que podem, de alguma forma, atrapalhar ou ajudar na função de nutrir. Além dessas substâncias, pode também ser encontrados resíduos de pesticidas, defensivos agrícolas e hormônios, que, mesmo não sendo um constituinte dos alimentos, passam a fazer parte de alguns produtos. Estes são utilizados com o intuito de melhorar e aumentar a produção das matérias-primas utilizadas para a elaboração de alimentos para o consumo de determinada população.

Vale salientar que algumas substâncias químicas encontradas nos alimentos são nutrientes, mas outras não desempenham essa função. A definição de nutriente se refere a determinada substância presente nos alimentos que, de alguma forma, contribui para a saúde do consumidor e que é essencial para regular os processos químicos do organismo. Além disso, os nutrientes devem ser inicialmente digeridos para que possam ser absorvidos pela corrente sanguínea, distribuídos para as células do corpo e, consequentemente, desempenhar sua função específica.

Um conceito relacionado à composição dos alimentos é a definição de substâncias bioativas, esses compostos podem ser classificados como nutracêuticos ou tóxicos. Nutracêuticos são os compostos ativos e derivados naturais que previnem doenças, têm propriedades medicinais e promovem a saúde. Compostos tóxicos estão presentes nos alimentos por ocorrência natural ou induzidos por processos que exerçam efeitos prejudiciais à saúde do homem.

Frutas e vegetais apresentam muitos fitoquímicos que foram isolados e demonstraram propriedades benéficas à saúde, por exemplo, os carotenoides (β-caroteno, luteína, zeaxantina, licopeno); flavonoides (flavonas, flavononas, flavonolóis, isoflavonas, flavanóis e antocioaninas); proantocianidinas ou taninos condensados e compostos polifenólicos, como a curcumina, gingerol, carnosol e resveratrol. Os sulfetos, fitonutrientes encontrados na cebola, no alho, na cebolinha e no alho-poró estão relacionados com a melhora do sistema imunológico e estímulo de enzimas detoxificantes. Os isotiocianatos e indóis são formados durante a mastigação de alguns vegetais crucíferos, como repolho, brócolis, couve, nabo, couve-flor, espinafre e couve-de-bruxelas. Esses compostos apresentam propriedade de reduzir a incidência de tumores quando o animal é exposto a carcinogênicos.

Existe uma grande variedade de plantas que apresentam compostos tóxicos e antinutricionais. Os alcaloides, por exemplo, podem causar danos ao fígado e problemas gastrintestinais. Os glicosídeos cianogênicos: 1- amidalina está presente em amêndoas amargas; 2- a durrina está presente no sorgo e 3- a linamarina em sementes comestíveis, semente de linho e mandioca. Sementes de pêssego, maçã e damasco têm produtos da degradação de glicosídeos cianogênicos. Solanina, um glicosídeo alcaloide, tóxico em altas concentrações, pode ser encontrada em batatas. Sementes de algodão têm gossipol, que causa redução no valor nutricional da farinha produzida a partir de sua semente. Espinafre, ruibarbo e tomate têm oxalatos. Os oxatatos são fatores antinutricionais que se ligam ao zinco, ferro e ao cálcio diminuindo sua solubilidade e consequentemente pode reduzir a biodisponibilidades desses minerais.

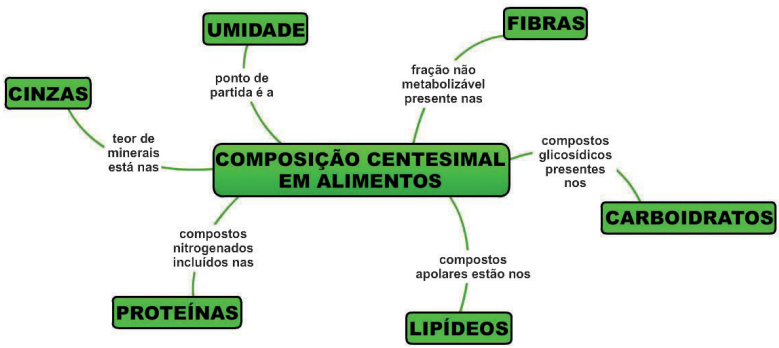
Quando os alimentos são submetidos a algum tratamento térmico, ocorrem algumas reações químicas que podem ser benéficas ou prejudiciais. No caso de compostos benéficos, é possível observar alguns sabores que só aparecem após processamento. Aminas aromáticas heterocíclicas são substâncias tóxicas encontradas em carnes que passam por processo térmico. A acrilamida e a formação de derivados metílicos como o 4,8-DiMelQx são encontrados em alimentos devido à reação de Maillard (é uma reação que ocorre entre um grupo amina e um grupo carboxílico, com o aumento da temperatura). Reações que produzem substâncias mutagênicas não são aleatórias, ou seja, não são simplesmente a polimerização de

pequenos fragmentos, mas sim específicas reações de condensação que ocorrem durante os processamentos.

Água, proteínas, carboidratos e lipídeos são os constituintes químicos encontrados em maior proporção nos alimentos e que conferem suas características nutricionais, sensoriais e reológicas. Os sais minerais, as vitaminas e os aditivos são encontrados em menor quantidade, mas também contribuem significativamente para conferir determinadas características aos alimentos. Esses constituintes, isolados ou em conjunto, formam uma rede complexa de estruturas que conferem sabor, aroma, textura, cor e ainda contribuem para o processo de nutrir o corpo.

A composição centesimal de um alimento é a proporção em que os nutrientes estão presentes em 100 g do produto. Por convenção, os grupos de substâncias constituintes dos alimentos são: 1. Umidade ou voláteis a 105 ºC; 2. Cinzas ou resíduo mineral fixo; 3. Lipídeos, gorduras ou extrato etéreo; 4. Proteína bruta ou extrato nitrogenado; 5. Carboidratos, glicídios, açúcares ou sacarídeos; Fibras solúveis e insolúveis. A partir disso, é possível verificar o valor calórico e o nutritivo do alimento.

Figura 1.1 | Composição centesimal dos alimentos: mapa conceitual



Fonte: <https://goo.gl/npeLNu>. Acesso em: 4 out. 2017.

Os alimentos têm uma série de substâncias responsáveis pelo sabor, que, por definição, é a soma das sensações provocadas pelo aroma, pelo sabor, pela textura e pela cor. O sabor tem dois componentes, o gosto e o aroma. O gosto é formado por compostos não voláteis a temperatura ambiente, por compostos de alto peso molecular e por compostos encontrados em alta quantidade. Os compostos que

formam o gosto são percebidos por receptores da mucosa bucal. O aroma é composto por substâncias voláteis de baixo peso molecular encontradas em baixas concentrações e que são percebidas por receptores nos tecidos olfativos.

Os gostos básicos são doce, amargo, salgado e azedo. O umami, que recentemente foi considerado o quinto sabor, é produzido por compostos de glutamato, encontrado nas carnes, no queijo e no molho de soja. Esse sabor é percebido devido à existência de receptores na língua. Além do glutamato monossódico (MSG), que produz sabor umami forte, o IMP (inosina monofosfato) e o GMP (monofosfato de guanosina) também conferem o referido sabor e são encontrados naturalmente em muitos alimentos.

O gosto doce é caracterizado por açúcares, edulcorantes e por uma glicoproteína chamada glicoforina, essas estruturas são percebidas devido à complexação com receptores de membranas acoplados a proteínas-G na língua.

Pesquisas mostraram que receptores de paladar são responsáveis pela habilidade humana de reconhecer o sabor de substâncias amargas. Alimentos e bebidas amargas incluem café, chocolate, cerveja, casca de frutas cítricas e repolho. A quinina é um alcaloide de sabor amargo adicionado à água tônica. Cafeína, nicotina, teobromina, limonina, naringina e alguns peptídeos são exemplos de compostos amargos encontrados nos alimentos.

O sabor azedo não está ainda muito bem explicado, mas está relacionado à acidez e é percebido por canais de íons de hidrogênio na língua, que detectam a concentração desses íons formados a partir de ácidos e água. O sabor salgado é detectado pela passagem dos íons através de canais iônicos localizados na língua. A presença dos íons de sódio e potássio conferem o sabor salgado, assim como outros íons metálicos álcalis.

Existem ainda substâncias encontradas nos alimentos que causam sensações como adstringência e pungência. A primeira, uma sensação de boca seca na cavidade oral, está associada, na maioria das vezes, aos compostos polifenólicos que se ligam às proteínas salivares, precipitando-as. O vinho tinto, o chá e os frutos não maduros estão associados à adstringência. Quando uma substância causa sensação

de queimação pela indução de uma reação nervosa associada à recepção de sabor normal, chama-se pungência, que é essencialmente uma resposta à irritação química. O etanol e a capsaicina causam essa sensação, assim como o gengibre e o pimentão.

Os voláteis, substâncias responsáveis pelo aroma dos alimentos, variam largamente em natureza química, podendo ser hidrocarbonetos, ésteres, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos, compostos sulfurados, lactonas, pirazinas, furanos, piroles etc. São compostos instáveis que podem sofrer várias reações do tipo oxidação, ciclização, desidratação e rearranjo. No entanto, nenhum composto é totalmente responsável pelo aroma característico de um alimento, o que se determina são os compostos de impacto, aqueles que fazem lembrar determinado alimento.

Reflita

Os sabores são percebidos por células dos botões gustativos através de receptores de membranas localizados ao longo de toda a língua, ou seja, existem células especializadas na percepção dos diferentes sabores.

A ligação de uma molécula promove uma alteração conformacional de um receptor que sinaliza para as terminações nervosas a percepção gustativa, interpretada como sabor.

Algumas doenças, a velhice ou a infância, alteram a percepção de sabores, assim como a temperatura, que altera a estimulação de receptores, provocando experiências gustativas distintas. Pode um mesmo alimento apresentar o sabor alterado se ingerido em temperatura diferente?

Ao ingerir diferentes alimentos, o ser humano consome uma quantidade muito variável de nutrientes. A Ingestão Diária Recomendada (IDR) é baseada na RDA (*Recommended Dietary Allowance*) que, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004), é definida como a quantidade de vitaminas, minerais e proteínas que deve ser consumida diariamente para que as necessidades nutricionais de indivíduos adultos e sadios sejam supridas. Para a população consumir equilibradamente os nutrientes de acordo com a IDR, são necessários dados sobre as composições de alimentos. Atualmente, a melhor estimativa da quantidade de proteína necessária para adultos saudáveis é 0,8 g de proteína por quilograma de peso.

Conhecendo a composição de alimentos, é possível avaliar o tipo e o consumo alimentar de um país, analisar se a dieta dos indivíduos e da população está adequada para a manutenção da saúde, avaliar o estado nutricional, gerar dados estatísticos sobre as relações entre dieta e doença, além de permitir um planejamento agropecuário e industrial na produção de alimentos.

Com o objetivo de tornar a alimentação o mais saudável possível, em 2014, o Ministério da Saúde (MS) lançou o *Guia Alimentar para a População Brasileira*. Além de algumas recomendações, o guia sugere maior consumo de alimentos naturais, a redução de alimentos processados e a fuga de alimentos ultraprocessados como forma de prevenir doenças, como a obesidade, o infarto, a diabetes, as doenças vasculares e o câncer.

A recomendação do *Guia Alimentar* para a ingestão de carboidratos totais fica entre 55 e 75% das calorias da dieta. Desse total, 45 a 65% devem ser provenientes de carboidratos complexos e fibras, e menos de 10% de açúcares simples. Para gorduras, de 15 a 30% das calorias da dieta, e o consumo de gorduras saturadas deve ser inferior a 10% do consumo calórico total diário. O valor máximo de ácidos graxos trans é de 1% do consumo calórico total diário. O consumo de proteínas deve estar entre 10 a 15% das calorias da dieta.

Exemplificando

Por meio das análises bromatológicas, é possível conhecer os principais constituintes químicos dos alimentos e, assim, saber quais alimentos apresentam determinados nutrientes em maior quantidade, bem como os tipos de nutrientes presentes.

Um alimento com alto teor de gordura pode ser nutritivamente excelente ou conter alguns tipos de gordura capazes de provocar algumas doenças. Dessa forma, somente pela análise química é possível saber exatamente o tipo de gordura presente em determinado alimento. Já aquele rico em proteínas não terá, necessariamente, um alto valor biológico, é necessário saber quais aminoácidos compõem essas proteínas e essa informação só é possível com o conhecimento da composição de seus aminoácidos.

O conhecimento da composição dos alimentos consumidos pela população é fundamental para que o indivíduo tenha noção do que está ingerindo e, consequentemente, sinta uma segurança ao se alimentar. E como conseguir essas informações? Por meio das tabelas de composição de alimentos, pois elas são os pilares básicos para o controle de qualidade e segurança dos alimentos, bem como para a avaliação e adequação da ingestão de nutrientes, servindo como referência da quantidade de determinada substância. Por meio dessas tabelas, pode-se estabelecer guias alimentares que levem a uma dieta mais saudável.

As tabelas de composição de alimentos fornecem subsídios aos pesquisadores que precisam relacionar os riscos de determinadas doenças com a dieta alimentar de um indivíduo, pesquisas epidemiológicas e treinamentos para educação nutricional. Outros profissionais precisam destas informações para fins clínicos, assim como para o desenvolvimento de dietas com finalidade terapêutica. Os dados contidos nas tabelas orientam o sistema agrícola e as indústrias de alimentos no desenvolvimento de novos produtos, além de ajudar na proteção do meio ambiente e da biodiversidade.

Como o consumidor sabe o que está comendo? Ele tem essa informação porque os alimentos industrializados têm um rótulo que é construído a partir dos dados expressos nas tabelas de composição de alimentos. Atualmente, em um mercado altamente competitivo e globalizado, esses dados incentivam a comercialização nacional e internacional de alimentos, pois fornecem a orientação para uma diversificação da alimentação, evitando uma dieta monótona e desequilibrada.

Como essas tabelas são construídas? A partir de dados gerados em laboratório com competência analítica para análise de alimentos, segundo critérios internacionais, em que serão aplicadas as metodologias mais adequadas e modernas para determinado alimento. As tabelas de composição de alimentos precisam ser confiáveis, atualizadas e mais completas possíveis para que não haja conclusões equivocadas a respeito dos ingredientes analisados.

Quais laboratórios, no Brasil, são capacitados para essas análises? São vários os laboratórios brasileiros de referência que podem emitir laudos bromatológicos, por exemplo, Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, em São Paulo; Embrapa Agroindústria de Alimentos,

no Rio de Janeiro; Instituto Adolfo Lutz – IAL, em São Paulo; Laboratório de Lípides – FCF/USP, São Paulo; Laboratório de Análise de Alimentos – DCA/FEA/Unicamp, São Paulo; Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos – Ceppa, Paraná; e outros.

O Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA) da Unicamp coordenou o projeto TACO (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos), com o objetivo principal de proporcionar dados sobre a composição de nutrientes em alimentos nacionais e regionais consumidos no Brasil.

O Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP e a BRASILFOODS (Rede Brasileira de Dados de Composição de Alimentos) coordenam o Projeto Integrado de Composição de Alimentos, cujo objetivo é a divulgação de dados da composição de alimentos por meio da TBCA-USP.

O IBGE, por intermédio da Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009, compilou um conjunto de tabelas de composição de alimentos com o objetivo de divulgar uma publicação específica para servir de material de apoio importante a outras pesquisas e investigações na área de nutrição no país.

Fica claro que a construção de um banco de dados é um processo contínuo e dinâmico, pois o tempo todo e a todo momento ocorrem constantes lançamentos de novos produtos no mercado, impulsionando a mudança de hábito da população, além dos avanços nas metodologias analíticas que, cada vez mais, conseguem detectar menores quantidades de nutrientes e diferentes compostos.

Para se conhecer profundamente um alimento, saber como este será transformado e como ele originará um produto extremamente aceitável, é de fundamental importância que se conheça a natureza química de seus constituintes. É necessário entender como o teor e o tipo de proteínas, de lipídeos e de carboidratos presentes nos alimentos se comportarão diante dos diversos tratamentos tecnológicos, pois esses constituintes sofrem várias alterações químicas, sensoriais e nutricionais após o processamento a que são submetidos. Pasteurização, cozimento, desidratação, congelamento, adição de aditivos, alta pressão etc. são processos que só podem ser aplicados aos alimentos que têm sua natureza química conhecida e determinada. Assim, fica claro que,

para produzir um alimento mais nutritivo, com maior vida de prateleira e com valor sensorial melhor do que apresentava antes de ser processado, é necessário definir sua composição química.

Assimile

Só é possível o conhecimento da composição química dos alimentos por meio da análise de seus constituintes em laboratórios de bromatologia que tenham condições de aplicar os métodos mais adequados aos diferentes tipos de alimentos. Com os resultados das análises, são confeccionadas as tabelas de composição de alimentos que servem como base de pesquisa tanto para a indústria quanto para o consumidor.

Pesquise mais

Para saber detalhadamente como foi construída a tabela de composição de alimentos do projeto TACO, acesse o link disponível em: <http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf>. A tabela TACO está disponível em: <http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2018.

É importante que você conheça também outras tabelas de composição de alimentos, como a *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos* da USP, disponível em: <https://goo.gl/RdxuN4>, a *Tabela de Composição de Alimentos* do IBGE, disponível em: <https://goo.gl/ogkDt7>, e a tabela da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), disponível em: <https://goo.gl/Nkmk36>. Acesso em: 4 out. 2017.

Ainda é possível entender a evolução das diversas tabelas de composição de alimentos ao longo dos anos pela leitura do artigo:

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. de. Composição de alimentos: um pouco de história. **ALAN**, v. 56, n. 3, p. 295-303, 2006. Disponível em: <https://goo.gl/KXubgh>. Acesso em: 4 out. 2017.

Sem medo de errar

Misturar ingredientes não é tarefa fácil, aliás, é o limite entre o sucesso e o fracasso! Carmem sabe disso e, portanto, se interessa em conhecer a composição química das matérias-primas que utilizará na elaboração dos diversos tipos de alimentos, assim como as diferentes possibilidades

que podem surgir com as misturas. Dessa forma, a cozinha se torna um grande laboratório experimental. A ciência entra na cozinha para ampliar as percepções e os sabores, mas também para eliminar o acaso e explicar, de forma analítica, a criação de novos pratos. Vamos pensar na complexidade química dos alimentos e adicionar vários deles a essa mistura. Fica praticamente impossível explicar tudo em detalhes, mas, graças ao avanço da química de alimentos, juntamente com os métodos analíticos, podemos ter uma ideia do que acontece.

A pimenta tem um sabor picante devido à presença de capsaicina que provoca a liberação de endorfinas, melhora o funcionamento do intestino, tem poder antioxidante, ou seja, retarda o envelhecimento das células e ainda tem propriedades anticâncer. Pelo visto, diante de tantos efeitos benéficos, vale a pena ficar com os olhos lacrimejando, o nariz irritado e a boca formigando.

Absolutamente ninguém fica indiferente ao chocolate! Ele suscita paixões e opiniões que vão da idolatria à rejeição absoluta. Nutricionalmente, o chocolate é composto de carboidratos, gorduras e proteínas, além das vitaminas A, B1, B2, E e niacina. Os minerais encontrados no chocolate são: potássio, cloro, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, ferro, cobre e zinco. Das várias substâncias responsáveis pelo sabor, são os compostos carbonílicos, como álcoois, aldeídos, cetonas e os heterocíclicos encontrados em maior quantidade. A fenilalanina é um aminoácido encontrado no chocolate que promove a liberação de dopamina, que dá uma sensação de bem-estar, no entanto, por ter uma amina, ele pode piorar as crises de enxaqueca para quem sofre desse problema. Outro aminoácido presente no chocolate é o triptofano, que está envolvido na produção de serotonina pelo cérebro, transmitindo uma sensação de felicidade e prazer. O ácido oxálico, também encontrado no chocolate, atua como um agente quelante do ferro, do magnésio e do cálcio, impedindo que esses minerais nutram o organismo. Além disso, em doses baixas, o ácido oxálico forma oxalato de cálcio, uma substância insolúvel que pode se transformar em pedras na bexiga e nos rins. Os dois alcaloides encontrados no chocolate em maior concentração são a teobromina, usada no tratamento para problemas circulatórios e algumas doenças vasculares; e a cafeína, um poderoso estimulante que aumenta a atenção, deixa o corpo em alerta e mais focado.

Também encontrada no café, a cafeína estimula o sistema nervoso e, em excesso, mais de 300 mg/dia, pode causar irritabilidade, insônia, ansiedade, problemas gastrintestinais, dor de cabeça, além de acelerar os batimentos cardíacos.

Já foi comprovado que o consumo moderado de vinho traz benefícios relacionados à saúde por meio de diferentes mecanismos. Os diversos tipos de compostos fenólicos são responsáveis, em grande parte, pela prevenção de doenças cardiovasculares isquêmicas, especialmente o infarto do miocárdio. Os polifenóis podem inibir a formação de óxidos de colesterol, principais desencadeantes da aterogênese, como também são capazes de estabilizar os radicais livres, impedindo sua ação oxidante aos componentes celulares por oxidação lipídica. O hábito de beber vinho moderadamente contribui para diminuir a chance de desenvolver câncer de qualquer tipo, pois os polifenóis agem bloqueando o desenvolvimento da doença. A presença de ácido cinâmico aumenta a digestão das gorduras pois estimula a vesícula biliar e os taninos agem sobre a musculatura do estômago, favorecendo as contrações e melhorando a digestão.

Antocianina é o pigmento que dá a cor roxa ao açaí e que garante suas propriedades antioxidantes; essa ação está relacionada ao fato de as antocianinas combaterem os radicais livres, evitando, dessa forma, o envelhecimento celular. Essa fruta também é rica em proteínas, gordura, vitaminas, minerais e fibras. Por sua composição, o açaí é um alimento energizante, pois tem um alto valor calórico, devendo, por isso, seu consumo ser moderado.

A partir disso, Carmem está certa em misturar os alimentos e diversificar suas refeições? O que pensar sobre a composição química dos alimentos? Nesse breve estudo, pode-se observar quão rico são os constituintes presentes nos alimentos e quão importante é seu consumo, para que, assim, o corpo tenha seu perfeito funcionamento orgânico e possa desfrutar de um equilíbrio nutricional.

Avançando na prática

Sem tempo para comer!

Descrição da situação-problema

Laura é nutricionista recém-formada e sua melhor amiga, Joana, ainda está cursando a faculdade de Biomedicina. Para Joana, a fase da universidade ajuda a definir os estilos pessoais, pois ela tem a liberdade de escolher o que comer, o que fazer e a hora certa para elaborar as atividades. Laura sabe disso, mas se preocupa com Joana, pois a maioria dos estudantes universitários não tem uma alimentação ou hábitos de vida saudáveis. Com Joana é a mesma coisa, em geral, ela não consome a quantidade recomendada de grãos integrais, legumes, frutas, leite e carne. E foi exatamente isso que Laura sentiu! Joana precisa, com urgência, de uma orientação para que suas escolhas alimentares sejam as mais saudáveis possíveis.

Laura pergunta para a amiga: você avalia a composição dos alimentos consumidos? Você tem feito escolhas alimentares inteligentes? Você presta atenção nos principais nutrientes presentes nas porções alimentares?

Resolução da situação-problema

O estresse devido a tantas exigências acadêmicas e pessoais contribui para a formação de maus hábitos de saúde. Na época de provas, Joana passa a noite estudando com amigos e facilmente troca uma alimentação balanceada por refeições tipo fast-food e salgadinhos ricos em gorduras e calorias e ainda consome bebidas ricas em cafeína e açúcares. Para ajudar a amiga, Laura monta uma série de sugestões simples, para que Joana consiga fazer melhores escolhas alimentares com base na composição dos alimentos disponíveis, pois uma alimentação rica em fitoquímicos garante uma saúde mais equilibrada e, consequentemente, um melhor rendimento acadêmico. Para o café da manhã, a sugestão de Laura é ovo ou iogurte como fonte de proteínas, uma porção de cereal integral e uma fruta. Como prato principal, Joana não pode esquecer de incluir verduras e combiná-las com arroz, omelete, salada de batatas e massas. Para as saladas de

folhas verdes, é bem interessante adicionar passa, pedaços de maçã, cenoura ralada, frango ou atum. Para Joana, é importante que ela leve frutas frescas ou secas para comer nos lanches fora de casa, em vez de comer doces ou ficar com fome. Preferir cereais, pães e biscoitos integrais já ajuda no consumo de fibras. Quando for possível, Joana deve preparar sanduíche, adicionando, além do alface e tomate, pepino, abobrinha, espinafre ou tiras de cenoura, uma vez que isso ajuda a aumentar a ingestão de fitoquímicos. E, em relação às bebidas, Joana deve beber água em vez de refrigerantes calóricos, suco de frutas ou café. Além disso, quando estiver estudando com os amigos, deve preferir alimentos nutritivos de baixa caloria, como pipoca, frutas secas ou frescas, molhos sem creme ou maionese. E, por fim, o grande conselho de Laura: o princípio básico de uma dieta saudável é variedade, equilíbrio e moderação.

Faça valer a pena

1. Para escolher alimentos que tenham uma composição adequada ao indivíduo, é necessário analisar seu estado de saúde, pois fazer mudanças nos hábitos alimentares pode ser extremamente frustrante. Uma dieta deve ser planejada de forma a atender às necessidades individuais. No entanto, é possível fazer escolhas mais saudáveis e que garantam a manutenção do equilíbrio nutricional, sendo isso possível com a substituição de alimentos por outros.

Com base na tabela de composição dos alimentos, se o indivíduo costuma comer cheeseburger com batata frita, assinale a alternativa que corresponde a uma mudança rica em proteína e uma com menor teor de gordura similar ao consumido para substituir esse alimento.

a) Alimentos temperados com ervas, especiarias e suco de limão.
b) Biscoito e batata chips.
c) Hambúrguer e vagens refogadas.
d) Refrigerante zero ou light.
e) Leite desnatado ou semidesnatado.

2. Analisando a composição química dos alimentos, é possível encontrar um grupo de compostos, principalmente em frutas e legumes, chamados fitoquímicos. Estes podem contribuir para a redução do risco de câncer ou doença cardiovascular, se consumidos regularmente.

Assinale a alternativa que corresponde ao fitoquímico e ao alimento no qual é encontrado.

a) Resveratrol na uva e isoflavonas na soja.
b) Carotenoides em frutas roxas e azuis e capsaicina em cebola.
c) Carotenoides em brócolis e isoflavonas na soja.
d) Resveratrol na maçã e carotenoides em frutas vermelhas.
e) Isotiocianatos na soja e catequinas em maçã.

3. Uma meta para promover a saúde e a prevenção de doenças inclui uma dieta com vários tipos de alimentos, fazer alguma atividade física regularmente, não fumar, não abusar de suplementos nutricionais, consumir água adequadamente, dormir o suficiente, de preferência, evitar o consumo de álcool, além de reduzir o estresse ou aprender a lidar com ele. O foco central do planejamento nutricional deve ser os alimentos, pois eles são capazes de suprir as necessidades nutricionais, evitando o risco de desequilíbrios e o aparecimento de doenças. Não há alimentos totalmente bons ou maus, mas algumas escolhas alimentares são mais saudáveis do que outras. O foco deve estar em equilibrar a dieta como um todo, dando preferência para alimentos nutritivos.

Para que você atinja a meta esperada, é necessário conhecer:

a) A quantidade de proteínas dos alimentos.
b) A quantidade de carboidratos dos alimentos.
c) A quantidade de todos os tipos de gorduras dos alimentos.
d) A quantidade de vitaminas e minerais dos alimentos.
e) A composição química total de um alimento.

Seção 1.2

Rotulagem nutricional

Diálogo aberto

Você sabe o que está comendo? Você sabe o que está escolhendo para nutrir sua família? Qual é a base das suas escolhas? Quais são as informações importantes que devem ser lidas quando se observa um alimento industrializado? São muitos questionamentos, mas Eliane está sempre correndo e, por isso, nunca consegue comprar alimentos frescos para preparar em casa. No entanto, ela precisa conhecer a composição dos alimentos prontos para saber se eles podem ser consumidos por seus familiares sem causar problemas à saúde. Seu marido tem pressão alta e não pode comer alimentos com muito teor de sódio, seu filho caçula tem alergia a corantes amarelos e não pode, em hipótese alguma, consumir alimentos que contenham esses aditivos, pois sua pele fica cheia de feridas que demoram muito para cicatrizar. Além disso, seu filho mais velho está obeso, muito acima do seu peso ideal.

Mesmo sendo nutricionista, Eliane precisa implantar um cardápio saudável na sua casa, mas tem de ser com alimentos industrializados e semipreparados ou preparados e congelados. Ela realmente não tem tempo de preparar a comida de sua família e deve ajudá-los a ter uma melhor qualidade de vida e, o que é mais importante, uma alimentação que não deixe sua família doente.

Um ponto a considerar, nesse caso, é que alguns alimentos industrializados têm componentes que vão muito além daqueles encontrados naturalmente em nossa alimentação, até que ponto essas substâncias interferem na saúde da família de Eliane? Qual é a solução para esse problema? Existem alternativas viáveis para que sua família consiga recuperar a saúde de uma maneira natural?

Não pode faltar

Atualmente, quando o assunto é a rotulagem de alimentos industrializados, deve-se procurar as normas que são veiculadas por meio de uma série de resoluções (RDC), preconizadas e apresentadas para as indústrias de alimentos no site da Anvisa (Agência

Nacional de Vigilância Sanitária), o órgão, no Brasil, responsável pela regulação da rotulagem de alimentos industrializados. No site <http://portal.anvisa.gov.br/> (acesso em: 6 out. 2017), é possível acessar as informações sobre rotulagem de alimentos embalados. Esses regulamentos garantem produtos de qualidade para que a população brasileira consiga consumir alimentos em boas condições de higiene e, consequentemente, alcance uma melhor alimentação que garanta a saúde do consumidor.

O rótulo representa um espaço de comunicação entre produtores e consumidores, no entanto, para que ele exerça essa função de forma eficaz, faz-se necessário que as informações sejam claras, para que o indivíduo tenha condições de fazer uso de tais informações, caso contrário, haverá tantas dúvidas que o consumidor não conseguirá se orientar para fazer a escolha dos alimentos mais adequados à sua necessidade nutricional.

Por definição, rótulo é toda e qualquer inscrição, legenda, impressão, imagem, com texto escrito ou desenho, que seja impresso ou colocado na embalagem do alimento, que possa, de alguma forma, ajudar as pessoas a saber o que está dentro das embalagens.

Dessa forma, fica a dúvida: quais são as informações obrigatórias exigidas para um rótulo de alimentos embalados?

- ✓ Denominação de venda do alimento.
- ✓ Lista de ingredientes ou composição do produto.
- ✓ Conteúdos líquidos.
- ✓ Identificação da origem.
- ✓ Marca do produto.
- ✓ Nome ou razão social do fabricante e endereço; no caso de alimentos importados, os dados do importador.
- ✓ Identificação do lote.
- ✓ Prazo de validade.

- ✓ Instruções sobre o preparo e uso do alimento, quando necessário.
- ✓ Tabela nutricional.
- ✓ Meio de comunicação com o consumidor (SAC).
- ✓ Indicação do conteúdo líquido.
- ✓ Em caso de alimentos com duas fases, uma líquida e outra sólida, informar o peso líquido drenado.
- ✓ Frases de alerta ao consumidor (por exemplo: fenilcetonúricos, celíacos, diabéticos etc.).
- ✓ Número de registro nos órgãos competentes.
- ✓ Expressão: "Indústria Brasileira".

Essas informações podem ser visualizadas na RDC nº 259 - Regulamento técnico sobre rotulagem de alimentos embalados, isto é, a norma que trata das principais informações obrigatórias e que foi publicada no diário oficial em 23 de setembro de 2002. Nela também é possível entender cada item apresentado e suas considerações (BRASIL, 2002).

Nessa norma, também é possível analisar as informações que não devem ser descritas nos rótulos. Quais são elas?

- ✓ Expressões que possam confundir o consumidor e induzi-lo ao erro de interpretação.
- ✓ Atribuições de propriedades ou efeitos aos alimentos que eles não possuam.
- ✓ Destaque de componentes que naturalmente estão presentes ou ausentes no alimento.
- ✓ Destaque de propriedades farmacêuticas diferentes daquelas que se encontram no alimento.
- ✓ Indicação de que o alimento tem propriedades medicinais.

✓ Alegação de ação curativa, para melhorar a saúde, evitar doenças ou como estimulante.

✓ Sugerir que determinado alimento seja fabricado em denominações geográficas de um país, de uma região ou de uma população, levando o consumidor a um equívoco.

Exemplificando

Não deve ser declarado no rótulo que o leite, queijo ou iogurte são ricos em cálcio, pois todos estes alimentos são ricos em cálcio; não deve ser escrito que o óleo vegetal é rico em vitamina E, pois esta pode ser encontrada em todos os óleos vegetais, assim como as palavras "isento de colesterol",, visto que gordura de origem vegetal não tem colesterol em sua composição.

Assimile

Embalagens são definidas como os recipientes nos quais os produtos são acondicionados, garantindo sua conservação e facilitando seu transporte e manuseio. Estas podem ser de plástico, papelão, vidro etc. Já os rótulos são definidos como inscrições, imagens, legendas, matérias gráficas ou descritivas escritas, estampadas, coladas ou gravadas sobre as embalagens dos alimentos. Estes estão relacionados como um dos principais fatores que influenciam nas escolhas alimentares pelos indivíduos.

Quando se trata de produtos de origem animal, o rótulo deve ser complementado com a estampa do carimbo oficial do órgão de inspeção federal; número de registro, ou código de identificação do estabelecimento fabricante, no órgão competente ou a expressão: "Registro no Ministério da Agricultura SIF/Dipoa sob nº .../..."; e categoria do estabelecimento, de acordo com regulamento técnico para rotulagem de produtos de origem animal embalado. Essas informações estão de acordo com instrução normativa nº 22, de 24 de novembro de 2005, do ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (BRASIL, 2005).

A RDC nº 259 ainda orienta aos fabricantes que produzem alimentos com propriedades sensoriais parecidas com aquelas típicas de determinadas regiões reconhecidas, que o rótulo deve apresentar na denominação do alimento a expressão "tipo", de modo a corresponder de acordo com os regulamentos aprovados

e vigentes no país de consumo. Ainda consultando a RDC nº 259 é possível observar que a rotulagem dos alimentos deve ser feita exclusivamente onde ele é processado, bem como pela autoridade competente. No caso de alimentos importados cujas informações estão escritas no idioma do país de origem, deve-se colocar uma etiqueta complementar com as informações obrigatórias no idioma do país de consumo antes da comercialização.

Exemplificando

Quando o alimento é produzido em uma região geográfica diferente da sua denominação, deve vir acrescentado o nome "tipo", por exemplo: mostarda tipo *Dijon*; queijo tipo *Gruyere*.

Em relação à rotulagem de alimentos que possuem em sua composição organismos geneticamente modificados (OGM), está em vigor o artigo 40 da lei de biossegurança que determina a declaração no rotulo de alimentos destinados ao consumo humano e animal. Essa informação nos rótulos deve ser expressa através de forma textual como descreve o decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003.

Dentre todas essas informações obrigatórias, merece destaque o item que corresponde à **tabela nutricional**, destinado a informar o consumidor sobre as propriedades nutricionais de um alimento. A Resolução - RDC nº 40, de 21 de março de 2001, revogada pela resolução - RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, estabelece que todos os alimentos e todas as bebidas embalados devem apresentar informação nutricional, ou seja, a partir dessa data, além de informações gerais analisadas anteriormente, os fabricantes de alimentos devem disponibilizar os produtos com as informações sobre valor calórico, carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, colesterol, fibra alimentar e sódio. As porções indicadas nos rótulos de alimentos e nas bebidas foram determinadas com base em uma dieta de 2.000 kcal por determinação da Resolução Anvisa RDC 359/03, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2001).

Figura 1.2 | Modelo de tabela nutricional contida em rótulo

MODELO DE RÓTULO

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL Porção de..... g ou mL (medida caseira)		
	Quantidade por porção	%VD(*)
Valor Energético	kcal e kJ	%
Carboidratos	g	%
Proteínas	g	%
Gorduras Totais	g	%
Gorduras Saturadas	g	%
Gorduras Trans	g	-
Fibra Alimentar	g	%
Sódio	mg	%
Outros minerais (1)	mg ou mcg	
Vitaminas (1)	mg ou mcg	

(*)% Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.
(1) Quando declarados.

Fonte: Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação às indústrias de Alimentos - 2º Versão / Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Universidade de Brasília – Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Universidade de Brasília, 2005. 44 p. Disponível em: <https://goo.gl/oAeSLk>. Acesso em: 6 out. 2017.

Reflita

É possível um indivíduo fazer um planejamento alimentar adequado com as informações do rótulo? Podemos realmente confiar nas informações dos rótulos de alimentos industrializados? Qual é a garantia do consumidor em relação à veracidade das informações contidas no rótulo?

Reflita sobre esses questionamentos e interaja com seu professor/tutor sobre essas questões.

Nem todos os alimentos e bebidas produzidos, comercializados e embalados na ausência do consumidor e prontos para comercialização precisam, obrigatoriamente, se submeter às normas de rotulagem nutricional. Dessa forma, quais são os alimentos dispensados? De acordo com a RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, são:

- ✓ As águas minerais e demais águas destinadas ao consumo humano.
- ✓ As bebidas alcoólicas.

- ✓ Os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia.
- ✓ As especiarias, como pimenta do reino, cominho, noz-moscada, canela e outros.
- ✓ Os vinagres.
- ✓ O sal (cloreto de sódio).
- ✓ Café, erva-mate, chá e outras ervas sem adição de outros ingredientes.
- ✓ Os alimentos preparados e embalados em restaurantes e estabelecimentos comerciais, prontos para o consumo.
- ✓ Os produtos fracionados nos pontos de venda a varejo.
- ✓ As frutas, os vegetais e as carnes *in natura*, refrigerados ou congelados.
- ✓ Produtos que têm embalagens com menos de 100 cm^2.

A cada ano, aumentam as exigências em relação às normas da rotulagem nutricional, isso acontece para assegurar que o consumidor possa ingerir um alimento industrializado sem qualquer prejuízo à sua saúde. Por isso, a Anvisa, junto com outros órgãos, como o Ministério da Saúde, vem lançando portarias que regulamentam a forma de expressar determinados nutrientes.

A Lei nº 8.543, de 23 de dezembro de 1992, determina que todo alimento industrializado que contenha glúten deve ter esta advertência em seu rótulo (BRASIL, 1992).

Na portaria número 29, de 13 de janeiro de 1998, foi decidido que todos alimentos para fins especiais devem ter no rótulo as informações e suas finalidades e, em determinados casos, é obrigatório conter advertência ou frases de alerta para os consumidores que não podem ingerir determinado nutriente (BRASIL, 1998).

A resolução RDC nº 26/2015 estabelece os requisitos para a rotulagem obrigatória dos alimentos e seus derivados que causam alergias alimentares, devendo os fabricantes indicarem a presença

de compostos alergênicos na embalagem de seus produtos. Entre os principais alergênicos, estão a lactose, a caseína e o glúten (BRASIL, 2015).

Figura 1.3 | Exemplo da alteração feita pela RDC nº 26/2015 nos rótulos

Legenda: na primeira embalagem, rótulo anterior a RDC 26/2015; e na segunda embalagem, após a RDC 26/2015.

Fonte: <https://goo.gl/cPnWwj>. Acesso em: 9 out. 2017.

Desde de julho de 2006, por meio da RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, é obrigatória a declaração do conteúdo de ácidos graxos trans. Todo alimento embalado que apresentasse teor de ácidos graxos trans menor ou igual a 0,2 g/porção poderia ser declarado "livre de gordura trans" ou "zero trans". Uma nova resolução, publicada em 12 de novembro de 2012, a RDC nº 54, especifica que somente é permitido que alimentos com teor de ácidos graxos trans menor do que 0,1 g/porção podem conter a alegação de "zero trans" (BRASIL, 2003, 2012).

Figura 1.4 | Rótulo com indicação de gordura trans

Fonte: <https://goo.gl/ZABo1h>. Acesso em: 9 out. 2017.

Em relação aos alimentos embalados que sejam comercializados no Mercosul (Mercado Comum do Sul), é importante definir claramente a rotulagem nutricional adequada para que o produto tenha livre circulação, evitando, assim, obstáculos técnicos ao comércio (BRASIL, 2003).

De acordo com o manual de orientação, nas indústrias de alimentos, em relação à rotulagem obrigatória, a declaração simplificada de nutrientes pode ser utilizada quando o alimento apresentar quantidades não significativas. Para tanto, a declaração do conteúdo de nutrientes de quantidade não significativa deverá ser substituída pela frase: "Não contém quantidade(s) significativa(s) de... (valor energético e/ou nome(s) do(s) nutrientes(s))" (BRASIL, 2005).

Figura 1.5 | Modelo de declaração simplificada de nutrientes

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL Porção de 20 g (1 colher de sopa)		
	Quantidade por porção	%VD(*)
Valor Calórico	70 kcal = 294 kJ	3%
Carboidratos	18g	6%
Não contém quantidades significativas de proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar e sódio.		
(*)% Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.		

Fonte: Brasil (2005, p. 31). Disponível em: <https://goo.gl/oAeSLk>. Acesso em: 9 out. 2017.

Voltando à RDC nº 359/03, é possível observar que essa resolução estabelece as medidas e porções, incluindo a medida caseira e sua relação com a porção correspondente, em gramas ou mililitros, detalhando também os utensílios utilizados com suas capacidades aproximadas (BRASIL, 2003).

Para que as indústrias de alimentos tenham condições de adequar a rotulagem nutricional de seus produtos às normas estabelecidas, elas poderão fazer uso das tabelas de composição de alimentos, bem como das análises laboratoriais como fontes de rotulagem. No entanto, a Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) disponibiliza as tabelas de composição de alimentos aos usuários para que haja um controle do padrão de identidade e qualidade de alimentos. Assim, a indústria de alimentos pode cumprir com o compromisso de adequar o rótulo de seus produtos.

A legislação de alimentos tem como aliada a rotina do homem contemporâneo, ou seja, ela precisa se adequar às necessidades e às evoluções sociais e econômicas. Assim, isso se torna o maior desafio para as indústrias de alimentos embalados.

Atualmente, a sociedade exige mais informações confiáveis acerca dos produtos oferecidos pela indústria. Em contrapartida, esta se esforça para desenvolver novos produtos com atributos nutricionais mais atraentes e melhor qualidade nutricional.

Com essa visão globalizada, a rotulagem nutricional passa a ser percebida além da obrigatoriedade do cumprimento da lei pelos fabricantes, pois, como ela dá o direito ao consumidor de conhecer e selecionar os produtos que farão parte de sua alimentação, aumenta a competitividade no mercado consumidor.

Pesquise mais

BRASIL. Alimentos / Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Universidade de Brasília. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação aos consumidores. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Universidade de Brasília, 2005. 17p. Disponível em:

<https://goo.gl/K9gTWu>. Acesso em: 9 out. 2017.

Ainda para conhecer um pouco mais da legislação brasileira de rotulagem, acesse o seguinte artigo:

FERREIRA, A. B; LANFER-MARQUEZ, U. M. Legislação brasileira referente à rotulagem nutricional de alimentos. **Ver. Nutr.**, Campinas, v. 20, n. 1, jan./fev. 2007. Disponível em: <https://goo.gl/LtZzJJ>. Acesso em: 9 out. 2017.

Sem medo de errar

Os rótulos são elementos de comunicação entre o produtor e o consumidor, cujo objetivo principal é auxiliar os consumidores na decisão de compra, aumentando as possibilidades de escolha e, consequentemente, seu bem-estar. No entanto, o fato de a rotulagem ser obrigatória e estar presente em todos os alimentos embalados não significa que Eliane esteja utilizando as informações contidas nos rótulos como uma ferramenta para a escolha dos alimentos que devam compor

a dieta habitual de sua família e, assim, reduzir os excessos alimentares e, consequentemente, os danos causados à saúde de todos eles.

A escolha diária de alimentos influencia a saúde do indivíduo, pois as diferentes possibilidades da alimentação podem trazer diversos riscos à saúde. Por isso, faz-se necessário que a população, de forma geral, tenha uma noção sobre os componentes dos alimentos e suas funções no organismo. Com o foco na sua saúde e na de sua família e principalmente nas necessidades nutricionais de cada um, Eliane deve se esforçar para utilizar as informações contidas nos rótulos de alimentos embalados como aliadas para a seleção de uma dieta mais equilibrada e mais saudável.

A rotulagem nutricional é uma estratégia para a redução dos índices de sobrepeso, obesidade e doenças crônico-degenerativas associadas aos hábitos alimentares da família de Eliane.

Ela sabe que existem normas, leis e resoluções elaboradas por órgãos competentes que fiscalizam as empresas de alimentos na hora de confeccionar seus rótulos, gerando produtos confiáveis acerca das informações nutricionais.

A sociedade contemporânea atual, de forma geral, converge para um padrão dietético com alto conteúdo de gorduras totais, colesterol, carboidratos refinados, baixo teor de ácidos graxos insaturados e fibras, e a família de Eliane não está fora dessa realidade, pois podem ser observadas as consequências das más escolhas alimentares. Claro que não é de propósito, mas a falta de tempo, uma rotina estressante e apressada, além de uma vida sedentária, resultam no surgimento de diversos problemas de saúde.

Uma alimentação equilibrada é a condição básica para o perfeito funcionamento do organismo humano e, como uma boa nutricionista, Eliane sabe que é necessária a ingestão de alimentos específicos para a proteção da saúde e a prevenção de doenças.

As informações nutricionais presentes nos rótulos dos alimentos embalados permitem que Eliane faça seleção de uma dieta balanceada, dando condições de substituir alimentos produzidos com matéria-prima refinada por alimentos que tenham propriedades funcionais comprovadas. Assim, é possível diminuir a incidência de

problemas de saúde relacionados aos maus hábitos alimentares, como obesidade, hipercolesterolemia, doenças cardiovasculares, certos tipos de câncer, dentre outros.

Eliane, já consciente da importância de analisar os rótulos antes de suas escolhas, faz as seguintes substituições:

- ✓ Farinha branca por farinha integral.
- ✓ Cereal matinal açucarado por cereal com alto teor de fibra, pouco açúcar e frutas secas.
- ✓ Rosquinhas fritas por pãozinho integral com queijo cremoso.
- ✓ Refrigerante comum por sucos integrais.
- ✓ Leite integral por leite desnatado ou semidesnatado.
- ✓ Sorvete cremoso por sorvete de frutas.
- ✓ Biscoitos ou batata chips por pipoca ou amêndoas.

Dessa forma, Eliane poderá incrementar e diversificar a dieta da sua família, pois não existe uma dieta ideal, o que existe são diversas dietas saudáveis e adequadas à realidade de cada um.

As informações nutricionais estampadas nos rótulos dos alimentos devem ser apresentadas de forma clara, a fim de que Eliane possa interpretá-las e usá-las na escolha de uma dieta adequada e, consequentemente, resolver ou minimizar os problemas de saúde de sua família.

Avançando na prática

E agora? O que eu faço?

Descrição da situação-problema

Adriana é técnica em nutrição e há aproximadamente 3 anos se formou em nutrição. Desde a faculdade, sempre atuou na área de unidade de alimentação e nutrição (UAN), ou seja, em restaurantes e cozinhas industriais de empresas, cujo foco é oferecer alimentos

prontos para o consumo e recentemente preparados. No entanto, em uma reestruturação da empresa, ela foi demitida. Após o ocorrido, uma pequena empresa de massas alimentícias contratou Adriana para a elaboração dos rótulos dos novos produtos que serão comercializados e, ainda, adequar os rótulos antigos às novas legislações. Como Adriana deve proceder? Quais são os passos que deverão ser seguidos? Onde Adriana buscará todas as informações necessárias?

Resolução da situação-problema

Apesar de ser muito trabalhosa e detalhista, a confecção de rótulos com base nas tabelas nutricionais está bem acessível para o profissional que quiser aprender e executar esse trabalho. A Anvisa disponibiliza todas as informações necessárias.

Agora, com mais calma e tranquilidade, Adriana analisa o passo a passo para o perfeito sucesso em seu novo emprego.

1. Acessar o site Anvisa/Rotulagem nutricional obrigatória - Manual de Orientação às Indústrias de Alimentos.

2. Verificar se o produto precisa apresentar informação nutricional.

3. Determinar quais informações devem ser declaradas obrigatoriamente no rótulo do produto.

4. Determinar o tamanho da porção e a medida caseira dela.

5. Acessar as tabelas de composição de alimentos disponibilizadas pela Anvisa.

6. Escolher o tipo de tabela nutricional mais adequado que apresentará as informações nutricionais.

7. Calcular os percentuais de valores diários (%VD) de acordo com o regulamento.

8. Calcular as informações nutricionais seguindo o exemplo do regulamento.

Agora é só começar, não tem erro! Seguindo as orientações, Adriana será capaz de construir o rótulo de todos os produtos da empresa. Mãos à obra!

Faça valer a pena

1. O rótulo dos alimentos é o elemento de comunicação entre a empresa produtora de alimentos e os consumidores, com o intuito de auxiliá-los na decisão de compra, aumentando a eficiência do mercado e o bem-estar do consumidor, bem como a possibilidade de escolher uma alimentação mais adequada com menos riscos à saúde.

Esse texto pode ser correlacionado com:

a) Todas as informações obrigatórias no rótulo de alimentos industrializados.
b) As informações declaradas na tabela nutricional.
c) As informações complementares declaradas nos rótulos.
d) As informações sobre o valor calórico na porção de alimento.
e) As informações da %VD.

2. Tendo como foco o consumidor preocupado em obter uma alimentação saudável em razão de alguma alergia ou intolerância a determinado nutriente, a Anvisa normatiza e especifica a definição que deve ser escrita nos rótulos de alimentos embalados para que esse consumidor tenha uma maior segurança em ingerir determinado tipo de alimento industrializado. Muitas vezes, essa informação é um recurso utilizado pelo marketing empresarial para vender melhor seus produtos.

Marque a alternativa que corresponde ao item obrigatório a ser escrito no rótulo dos alimentos anteriormente apresentados.

a) Indicação do conteúdo líquido.
b) Serviço de atendimento ao consumidor.
c) Modo de preparo.
d) Prazo de validade.
e) Frases de alerta ao consumidor.

3. Em relação à rotulagem de alimentos, analise as afirmativas:

I. Os rótulos de alimentos, especialmente os painéis de informação nutricional, são uma ferramenta útil para acompanhar o consumo de nutrientes por um indivíduo.
II. A Anvisa disponibiliza e orienta as empresas produtoras de alimentos embalados sobre como deve ser a elaboração de um rótulo, porém, o único item obrigatório que as empresas devem seguir está relacionado com as informações nutricionais.

III. As indústrias de alimentos podem utilizar tanto as tabelas de composição de alimentos quanto as análises laboratoriais como fontes para rotulagem.
IV. Na rotulagem de alimentos que apresentam em sua composição organismos geneticamente modificados (OGM), está em vigor o artigo 40 da lei de biossegurança, que determina a declaração no rótulo de alimentos destinados ao consumo humano e animal, devendo essa informação ser exclusivamente transmitida por meio do símbolo da letra T dentro de um triângulo amarelo, conforme a Anvisa determina.
V. Nem todos os alimentos e todas as bebidas produzidos, comercializados e embalados na ausência do consumidor e prontos para comercialização precisam obrigatoriamente se submeter às normas de rotulagem nutricional.

Após análise, assinale a opção que corresponde às afirmativas corretas.

a) I, II e V.
b) III, IV e V.
c) I, II e III.
d) I, III e V.
e) I, II e IV.

Seção 1.3

Métodos analíticos para alimentos

Diálogo aberto

Márcia, biomédica, trabalha no laboratório de controle de qualidade de uma empresa de alimentos que elabora produtos à base de proteína animal. São alimentos processados, aos quais há necessidade de acrescentar vários ingredientes, tanto para aumentar o valor nutritivo quanto o valor sensorial, tornando-os mais atrativos para o consumidor. No laboratório de desenvolvimento de produtos, são testadas várias formulações e, dessa forma, cada alimento segue para o controle de qualidade, no qual os técnicos analíticos avaliarão, por meio dos testes mais adequados, o teor de umidade, as cinzas, as proteínas e as gorduras, para a confecção de uma tabela que contenha todas as informações da composição centesimal do produto. Além disso, são feitas algumas análises dos constituintes encontrados em menor quantidade que fazem parte da tabela de composição. Essas análises devem levar em consideração o tipo de alimento e sua composição.

Nesse contexto, como Márcia pode saber qual é o melhor método? Como deve ser feita a escolha de método para determinar as características químicas de um alimento? Algumas vezes, Márcia precisa devolver as amostras recebidas, porque detectou excesso de algum componente na formulação, ou seja, além dessas análises quantitativas, ela deve também aplicar métodos para examinar qualitativamente suas amostras. Para uma análise exata e precisa, é necessário que as amostras sejam bem preparadas e armazenadas adequadamente para que não haja contaminação externa e que haja a garantia de que as análises feitas sejam realmente dos constituintes da amostra.

Márcia sabe que alimentos com uma composição química bem definida podem ajudar os consumidores nas suas escolhas alimentares, bem como garantir uma diminuição na incidência de doenças precocemente detectadas na população.

Não pode faltar

A análise bromatológica desempenha importante papel em avaliar a qualidade e segurança dos alimentos. Sua utilização é decisiva para

resolver, equacionar, definir, complementar e inovar determinadas ações em relação aos diversos segmentos que trabalham com análise de alimentos.

Um dos principais segmentos é a **indústria de alimentos**, pois os controles de qualidade, de processo, da matéria-prima e do produto acabado têm fundamental importância para garantir um produto dentro das especificações exigidas para introduzir um produto alimentício no mercado. As indústrias que fabricam alimentos realizam um controle de qualidade rígido tanto na matéria-prima quanto no produto final, além do monitoramento analítico nas diferentes fases do processamento. As indústrias também investem em laboratórios de desenvolvimento de novos produtos e em melhorias nos produtos já existentes.

Outro segmento está relacionado com **as universidades e os institutos de pesquisa**, que utilizam os processos analíticos para aplicar, desenvolver e pesquisar novas metodologias para o controle de qualidade dos produtos existentes. Para a fiscalização, a padronização e o registro dos produtos alimentícios, são os **órgãos governamentais** que utilizam os processos analíticos.

Os alimentos são constituídos por uma série de compostos, orgânicos e inorgânicos, que os tornam produtos difíceis de serem manipulados para uma adequada análise. Dessa forma, faz-se necessário que o profissional analista de alimentos tenha treinamento e experiência para fornecer segurança analítica. As análises químicas aplicadas à bromatologia podem ser qualitativas, ou seja, quando é verificada a presença ou ausência do componente que está sendo determinado, e quantitativas, quando se verifica o teor do componente que está sendo determinado.

Para que um trabalho laboratorial forneça confiabilidade nos resultados obtidos, é de fundamental importância que a escolha do método analítico seja a mais adequada em relação às características dos alimentos que serão analisados, além de ter uma contínua atualização dos métodos e a utilização de novas técnicas instrumentais.

Quando há necessidade de se analisar um alimento, normalmente se depara com duas situações:

1. Determinar um componente específico do alimento.

2. Determinar vários componentes, como a composição centesimal. Qualquer situação a ser executada exige que o laboratório de alimentos esteja engajado em programas de garantia de qualidade, nos quais estejam, além da qualidade analítica, a preocupação com a biossegurança. A *Norma ABNT ISO/IEC 17025* e as *Boas Práticas de Laboratório (BPL)* são utilizadas pela maioria dos laboratórios para suas atividades de rotina (disponível em: <https://goo.gl/uCPSGm>, acesso em: 26 out. 2017).

Atualmente, a biossegurança, incorporada nas atividades dos laboratórios analíticos, visa apresentar, além dos conceitos básicos de segurança no laboratório, cuidados na manipulação, descartes de reagentes, providências com acidentes, medidas relativas à conduta e atitude, cuidados pessoais, entre outros. É importante ressaltar a necessidade de criar um manual de biossegurança próprio para cada laboratório com todas as informações pertinentes às necessidades de cada setor. Por exemplo: no laboratório de bromatologia é utilizada uma grande diversidade de reagentes químicos e de soluções analíticas, tanto diluídas quanto concentradas; a manipulação correta para não causar acidentes torna necessária a adoção de critérios específicos para seu armazenamento e sua rotulagem.

Pesquise mais

A ISO/IEC 17025 é uma norma para sistema de gestão em laboratórios publicada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para demonstrar competência, os laboratórios devem implantar os requisitos da norma. No Brasil, o órgão autorizado a dar acreditação é o Inmetro. Para saber mais sobre a ISO/IEC 17025, acesse o conteúdo disponível em: <https://goo.gl/f1Wmmp>, acesso em: 26 out. 2017.

Para compreender mais sobre a segurança em laboratórios de análise de alimentos, acesse o manual de *Normas do Laboratório de Química e Análise de Alimentos* da Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://goo.gl/ep61B1>. Acesso em: 26 out. 2017.

Os métodos de análise são classificados em dois tipos:

✓ Métodos convencionais, quando não há necessidade de equipamento sofisticado, utilizando-se basicamente vidrarias e reagentes.

✓ Métodos instrumentais, quando se utiliza equipamentos eletrônicos e sofisticados.

Atualmente, vale salientar que, com o avanço da biotecnologia, é possível utilizar técnica de biologia molecular para quantificar analitos em concentrações muito baixas que estão presentes nos alimentos.

Para a escolha do melhor método de análise, deve-se levar em consideração uma série de fatores, entre eles: as características do alimento a ser analisado, a quantidade do componente analisado, a exatidão requerida na análise, a composição química da amostra e os recursos disponíveis para a análise.

Para se escolher um método analítico, deve ser levado em consideração se ele tem a precisão, a exatidão, a especificidade e a sensibilidade esperada. Um método adotado como padrão em um laboratório deve ser prático, rápido e econômico.

Quando os resultados concordam entre si após várias medidas executadas numa mesma amostra nas mesmas condições de trabalho, conclui-se que essa análise é precisa. Quando se compara o resultado da análise com o valor verdadeiro e eles são os mesmos, diz-se que a análise é exata. A exatidão e a precisão de um método são medidas por tratamento estatístico dos dados obtidos nas análises laboratoriais. Normalmente, para os dados obtidos nas análises bromatológicas, se faz a determinação da média, desvio-padrão e coeficiente de variação.

Dependendo da fonte de variabilidade, quando se escolhe um método analítico, deve-se levar em consideração sua **replicabilidade**, expressa como desvio-padrão e que mede a variabilidade entre replicatas; **repetibilidade**, expressa como desvio-padrão e que mede a variabilidade entre resultados de medidas da mesma amostra em épocas diferentes e no mesmo laboratório; e **reprodutibilidade**, expressa como desvio-padrão e que mede a variabilidade entre resultados de medidas da mesma amostra em diferentes laboratórios.

Para que um método seja aceito e adotado em laboratório de análise de alimentos, é preciso passar por um processo de validação, o qual estabelece, por meio de estudos laboratoriais, que o método analítico pode produzir resultados confiáveis e reprodutíveis, assim como apresenta os requisitos necessários para a aplicação analítica pretendida.

A Anvisa, pelo *Guia para Qualidade em Química Analítica*, ressalta a importância da qualidade analítica dos resultados como um instrumento para a proteção e promoção da saúde da população (disponível em: <https://goo.gl/48hCqG>, acesso em: 26 out. 2017). Há também a *Resolução - RE nº 899*, de 29 de maio de 2003, a qual traz um guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos (disponível em: <https://goo.gl/LKt6MH>, acesso em: 26 out. 2017). E, por fim, o Inmetro estabelece orientações para validação de métodos nas áreas de alimentos e bebidas (disponível em: <https://goo.gl/cuaUTC>, acesso em: 26 out. 2017).

Por todos os motivos anteriormente citados, fica claro que a escolha de um método está vinculada ao fato de ele ter caráter oficial, pois pelos métodos oficiais, é possível estabelecer e aplicar procedimentos que tenham a garantia de serem válidos para os fins desejados.

Os métodos oficiais mais aplicados em análise de alimentos são encontrados em institutos, por exemplo:

- Instituto Adolfo Lutz (disponível em: <https://goo.gl/bAMioW>, acesso em: 26 out. 2017).
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (disponível em: <https://goo.gl/eKQQjB>, acesso em: 26 out. 2017).
- American Association of Cereal Chemists (AACC) (disponível em: <https://goo.gl/jgEfLj>, acesso em: 26 out. 2017).
- American Oil Chemists' Society (AOCS) (disponível em: <https://goo.gl/8UDfjU>, acesso em: 26 out. 2017).
- Codex Alimentarius (disponível em: <https://goo.gl/MT5NQo> ou <https://goo.gl/5ESWDa>, acesso em: 26 out. 2017).

Assimile

Os alimentos são constituídos de vários compostos tanto orgânicos quanto inorgânicos, isso faz com que seja muito difícil analisar e determinar com precisão sua composição química. No entanto, para garantir uma análise exata e precisa dos produtos alimentícios, é importante a escolha do método mais adequado para o tipo de alimento. Um método analítico, para ser adotado pelo laboratório, é preciso ser validado, de modo que seus resultados sejam confiáveis e reprodutíveis.

E agora?

Como escolher qual fonte será usada como referência para a determinação do método mais adequado?

- ✓ Depende da composição do alimento.
- ✓ Qual substância será analisada.
- ✓ Qual será a concentração da substância analisada.
- ✓ Quantidade de amostra disponível.
- ✓ Exatidão e precisão requeridas.
- ✓ Recursos disponíveis.

Exemplificando

Cada instituto apresenta um compêndio com muitos métodos, tendo, às vezes, mais de um para a mesma análise. Dessa forma, a Association of Official Analytical Chemists (AOAC) valida e padroniza os métodos para que um teste seja confiável. Esses são exemplos de métodos AOAC normalmente adotados para determinar a composição centesimal dos alimentos: umidade AOAC 925.45b; proteínas AOAC 960.52; lipídeos AOAC 920.39; cinzas AOAC 923.03; geral AOAC 934.06; para carboidratos: amido resistente AOAC 2002.02; fibra alimentar AOAC 991.43, AOAC 2009.01 ou AOAC 2011.25; frutanos AOAC 999.03.

A decisão realmente é difícil e multifatorial, portanto, deve ser analisada cada situação e suas necessidades, assim como as condições físicas e as instalações dos laboratórios.

O Instituto Adolfo Lutz é a referência nacional para a escolha dos métodos em análise de alimentos. O primeiro livro, na versão digital, foi disponibilizado em 2016. Algumas áreas da tecnologia de alimentos têm seus regulamentos próprios que podem ser utilizados, como no caso da tecnologia de cereais e de óleos e gorduras. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) fizeram um programa em conjunto para que fosse possível estabelecer normas internacionais em análise de alimentos, chamado *Codex Alimentarius*. Os membros da Organização

Mundial do Comércio (OMC) usam as informações do *Codex* para que haja uma melhor interação e entendimento entre as legislações internacionais e nacionais.

Em bromatogia, a análise da **composição centesimal** (teor de proteínas, teor de lipídeos, teor de cinza, teor de fibra, umidade) são as **determinações básicas,** a título de rotulagem nutricional e composição de alimentos, mas não são apenas essas análises que podem ser feitas no laboratório de bromatologia, existem inúmeras que vão desde a determinação de um nutriente específico presente no alimento até aquelas realizadas para detectar contaminantes ou identificar elementos encontrados em pequenas quantidades.

A análise da composição centesimal é feita normalmente utilizando **métodos gravimétricos** e **volumétricos**. Os **métodos físicos**, como os eletroquímicos, para determinação do pH, cromatográficos, como camada delgada para aflatoxinas, CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência) para vitaminas, proteínas e carboidratos, e os métodos espectrofotométricos de emissão e absorção são também utilizados. A espectrofotometria de absorção, no visível, é usada para determinação de pigmento; no ultravioleta, se determinam vitaminas; óleos e açúcares são analisados por meio da refratometria; o infravermelho pode ser usado para umidade, proteínas e teor de óleo. Emissão de chama é usada para detectar oligoelementos e a fluorescência, para vitaminas. **Métodos reológicos,** como texturômetros, penetrômetros e viscosímetros, são bastante utilizados na caracterização das propriedades dos alimentos. Os **métodos sensoriais**, quando se usa os órgãos dos sentidos para avaliar uma amostra, são utilizados no laboratório com vários objetivos, que vão desde a inspeção da matéria-prima até o prazo de validade do produto final.

Uma vez estabelecido o método mais adequado e viável, inicia-se a execução das etapas para o desenvolvimento da marcha analítica:

✓ Coleta de amostras - produtos alimentícios destinados à análise poderão ser coletados nos locais de fabricação, preparo, depósito, acondicionamento, transporte e exposição à venda. A quantidade de amostra deve ser suficiente para a realização da análise, sendo representativa e adequadamente identificada.

✓ Acondicionamento - as amostras colhidas deverão ser imediatamente acondicionadas para impedir qualquer alteração na amostra.

✓ Rotulagem – para que as amostras não sejam confundidas, devem ser identificadas com suas características, mesmo se já estiverem embaladas.

✓ Transporte - amostra deverá ser transportada para o laboratório de análise o mais rápido possível.

Já no laboratório, as amostras brutas que foram coletadas são geralmente grandes para serem utilizadas adequadamente e, portanto, devem ser reduzidas. Essa redução depende do tipo de produto a ser analisado e da análise, assim, o tipo de preparo da amostra deve ser feito com extremo rigor para garantir o mínimo de erros.

Como deve ser a preparação das amostras? Alguns exemplos:

- Alimentos secos, em pó ou granulares podem ser reduzidos manualmente ou com equipamentos.

- Alimentos líquidos devem ser bem misturados por agitação, inversão e repetida troca de recipientes.

- Alimentos semissólidos úmidos devem ser ralados, fazendo uso, em seguida, do quarteamento.

- Alimentos úmidos devem ser picados ou moídos e misturados.

- Alimentos semiviscosos e pastosos e alimentos líquidos que contêm sólidos devem ser picados em liquidificador e retirada uma alíquota.

- Alimentos com emulsão devem ser aquecidos e agitados para homogeneização.

- Frutas grandes devem ser cortadas e as partes homogeneizadas em liquidificador, já as frutas pequenas podem ser homogeneizadas inteiras.

Em alguns casos, o preparo da amostra por desintegração pode ser feito mecanicamente, como visto anteriormente; enzimaticamente,

pela ação de enzimas específicas, como proteases e carboidrases; e por desintegração química, quando se utiliza de um agente químico como a ureia, piridina, detergentes etc. na dispersão dos componentes dos alimentos.

Quando se faz uma análise para saber a composição de determinado alimento, deve-se levar em consideração todo o processo de amostragem, que engloba a coleta da amostra bruta, a preparação da amostra de laboratório e a preparação da amostra para análise. O processo de amostragem é uma série de etapas operacionais especificadas para assegurar que a amostra seja representativa.

Além dos erros inerentes à execução da análise, a variação na composição dos alimentos é enorme e isso repercute nos dados obtidos para todos os métodos escolhidos, pois estes estão sujeitos às limitações impostas por essas variações. O analista, sabendo disso, deve minimizar a ocorrência de erros para que eles não afetem, de forma significativa, os resultados finais da análise. De qualquer maneira, ocorrerão erros nas análises.

Os erros nas análises bromatológicas podem ser classificados em:

- Erros determinados: esse tipo de erro pode ser medido e computado no resultado final da análise e está relacionado com o erro de **método**, com erros **operacionais**, por exemplo, na preparação de soluções-padrão e diluição; erros **pessoais**, por exemplo, identificar de forma incorreta uma amostra; erros devido a **instrumentos** e **reagentes**, por exemplo, no caso de usar reagentes impuros e de má qualidade. Esses erros acontecem em todas as repetições, de forma igual, ou seja, eles se repetem afetando a média dos resultados da análise, tanto para mais quanto para menos.

- Erros indeterminados: esse tipo de erro não está presente em todas as medidas e não tem um valor definido, portanto não podem ser corrigidos. Nesse caso, os resultados são submetidos a tratamento estatístico dos dados, de modo que seja possível saber o valor correto mais provável. Fazem parte destes os erros instrumentais, por exemplo, devido a desgastes dos componentes e erros do analista, no sentido de ter habilidade em desenvolver a análise. Podem ser feitos testes por meio de exame intralaboratorial e interlaboratorial de uma mesma amostra, a fim de esclarecer os possíveis erros.

Vale salientar que, apesar dos cuidados aplicados à análise de alimentos, fatores como complexidade das amostras, número de substâncias presentes, distribuição não uniforme, perecibilidade, variedade de amostras do mesmo alimento, entre outros, dificultam a análise dos alimentos. A manutenção de padrões elevados de procedimentos analíticos, assim como o uso de métodos padronizados, contribui para saber o verdadeiro valor dos constituintes que compõem os alimentos.

Reflita

Quais são os parâmetros analisados para saber se determinado laboratório é realmente confiável? Existe lei ou órgão que faz acreditação para laboratórios de análise de alimentos? Qual é a importância de um laboratório com acreditação? Um "melhor método" para análise de determinado nutriente presente nos alimentos realmente existe? A questão de segurança no laboratório é importante ou parece uma questão de "bom senso" ?

Pesquise mais

Agora que você aprendeu sobre amostragem, acesse o capítulo 3 e verifique como deve ser a coleta das amostras para uma análise detalhada do livro digital:

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (SÃO PAULO). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. [versão eletrônica]. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <https://goo.gl/aZgxYY>. Acesso em: 26 out. 2017.

Sem medo de errar

No laboratório, durante as análises de rotina, Márcia recebe um grande número de amostras de alimentos para serem analisadas. Como ela sabe qual é o melhor método para aplicar aos produtos que serão analisados? No início, devem ser realizados testes de validação, ou seja, testar vários métodos e escolher qual deles tem o melhor resultado do componente presente na amostra em relação à exatidão e precisão.

Para cada componente a ser analisado, Márcia escolheu dois métodos, um sugerido pelo Instituto Adolfo Lutz e outro pelo método AOAC. Os métodos foram escolhidos com base na composição da amostra, na disponibilidade de reagentes e equipamentos, assim como

na praticidade, na rapidez e no custo. Uma vez testado e determinado o método mais adequado, Márcia deve elaborar o protocolo do plano de amostragem. Todos os detalhes de inspeção e identificação da amostra devem ser obedecidos, assim como o transporte e acondicionamento das amostras até o laboratório.

No momento da análise, a amostra coletada será preparada de acordo com a necessidade, ou seja, será reduzida adequadamente a uma quantidade para ser analisada e que tenha representatividade em relação à população. De posse dessas informações, Marcia preparou o protocolo para a análise do teor de umidade, cinzas, proteínas, gorduras, assim como para fibras, sódio, vitaminas e minerais, de acordo com os nutrientes que devem ser especificados na tabela nutricional conforme as normas exigidas pela Anvisa para a rotulagem de produtos embalados.

E quando é necessário saber a quantidade de um tipo de nutriente? Na prática, qual é a diferença entre uma análise qualitativa e uma quantitativa? Preste atenção ao exemplo: Márcia concluiu, após os testes, que, para seus produtos, o melhor método de determinação de gordura é o Bligh & Dyer. No entanto, esse método determina o teor de gordura na amostra (análise quantitativa), mas não diz qual tipo de gordura está presente no alimento (análise qualitativa). Nesse contexto, o que fazer se, na norma de rotulagem, é preciso declarar qual tipo de gordura está presente? Deve ser feito o mesmo procedimento, ou seja, verificar o método mais adequado para se determinar o tipo de gordura presente nas amostras e que se encaixe nas condições operacionais do laboratório e que, principalmente, forneça os resultados mais exatos. Nesse caso específico, deverá ser feita cromatografia gasosa para saber quais são os tipos de ácidos graxos que compõem a gordura das amostras de alimentos.

Quando Márcia analisou o teor de β-caroteno em um de seus produtos, ficou em dúvida sobre a exatidão da análise, ou seja, se o resultado obtido na análise era realmente o correto. O que fazer nessa situação? O método está correto, os erros são mensuráveis, o tratamento estatístico de dados está correto, mas ainda assim gera dúvida. Isso é possível principalmente quando não está relacionado à composição centesimal e o nutriente é encontrado em menor quantidade. Uma forma de sanar a dúvida é fazendo uma pesquisa bibliográfica sobre a quantidade do nutriente em questão nesse tipo

de amostra, ou ainda pesquisando a forma e os métodos de análise de outros laboratórios, ou seja, fazendo exames intralaboratoriais e interlaboratoriais de uma mesma amostra, caso seja possível esse tipo interação.

Levando em consideração todos os procedimentos, é possível definir a composição química de um alimento e, consequentemente, ajudar os consumidores nas suas escolhas alimentares. Dessa forma, garante-se um alimento mais saudável e que possa, por meio de suas características nutricionais, contribuir para a diminuição do aparecimento de doenças crônicas.

Avançando na prática

Opção B

Descrição da situação-problema

Sempre que chega à indústria novo lote de matéria-prima, é necessário enviar amostras ao laboratório de controle de qualidade para a análise de rotina. Catarina é biomédica com especialização em análise de alimentos e trabalha na garantia de qualidade de farinhas para uso e distribuição em comércio atacadista. Ela recebe grandes quantidades de matéria-prima para, após o armazenamento, serem embaladas e distribuídas em sacas de 25 kg. Ultimamente, Catarina tem observado que o prazo de validade desse estoque está diminuindo, uma vez que a empresa não consegue manter a farinha estocada por 6 meses como antigamente. Surpresa com esse cenário, a biomédica começa uma pesquisa para resolver seu problema. Para isso, pense: qual é o principal parâmetro utilizado para avaliar a estabilidade e estocagem da farinha? E qual é o método mais adequado para isso?

Resolução da situação-problema

De posse dos protocolos de análise de rotina, Catarina estuda como aumentar o tempo de vida útil da farinha armazenada. O principal parâmetro utilizado para avaliar a estabilidade e estocagem da farinha é seu teor de umidade, que deve ser em torno de 13%, e, de acordo com os dados obtidos pelo método usado no laboratório, o teor obtido é compatível com o esperado. Isso faz com que Catarina pense que o método adotado pode não estar gerando os resultados exatos. Imediatamente,

ela pensa em comparar diferentes métodos de análise de umidade, pois a literatura apresenta vários métodos de determinação de umidade e não existe nenhum deles que seja, ao mesmo tempo exato, preciso e prático. O método utilizado no laboratório para determinar umidade na farinha é uma estufa simples, por aquecimento, entre 100ºC e 102ºC, por 6 a 18 horas, ou até peso constante. Várias pesquisas começam a ser desenvolvidas a partir da determinação de umidade em farinha usando outras metodologias. Catarina testou a determinação de umidade fazendo uso de estufa simples com ventiladores, secagem por radiação no infravermelho, secagem em dessecadores e secagem em forno de micro-ondas. Após analisar os resultados obtidos em todos os métodos, foi observado que, por meio da secagem com micro-ondas, pode-se realizar uma secagem em um tempo relativamente curto, reduzindo-se o gasto energético quando comparado à estufa, tornando a determinação de umidade simples, rápida e precisa em farinhas. Assim, ao modificar o método de determinação de umidade, foi possível melhorar a forma e o tempo de armazenamento, garantindo uma excelente qualidade em relação à validade dos lotes recebidos.

Faça valer a pena

1. Quando uma análise bromatológica quantitativa é necessária em produtos alimentares, dever ser levado em consideração que os dados sejam expressos por meio de números que representem o experimento. Com o intuito de interpretar se os resultados estão dentro do esperado para determinada análise, é feito o cálculo da média, desvio-padrão e coeficiente de variação em todas as análises. Os resultados desses cálculos nos fornecem informações sobre aceitar ou rejeitar os dados obtidos. Se o resultado dos dados for rejeitado é necessário repetir o experimento.

Qual tipo de análise deve ser feita, nesse caso, após a obtenção dos dados experimentais?

a) Análises bromatológicas dos dados.
b) Análises estatísticas dos dados.
c) Análises físico-químicas dos dados.
d) Análises sensoriais dos dados.
e) Análises instrumentais dos dados.

2. A análise bromatológica desempenha importante papel em avaliar a qualidade e segurança dos alimentos. Sua utilização é decisiva para resolver, equacionar, definir, complementar e inovar determinadas ações em relação aos diversos segmentos que trabalham com análise de alimentos. Leia as assertivas a seguir:

I. A indústria de alimentos utiliza as análises bromatológicas somente quando os órgãos de controle exigem um parecer a respeito da qualidade de matéria-prima, pois, se esta for de excelente qualidade, o produto final necessariamente será excelente.

II. As universidades e os institutos de pesquisa utilizam os processos analíticos para aplicar, desenvolver e pesquisar novas metodologias para o controle de qualidade dos produtos existentes.

III. Os órgãos governamentais fazem parte de um segmento que utiliza os processos analíticos na fiscalização, na padronização e no registro dos produtos alimentícios.

Assinale a alternativa que corresponde à(s) afirmativa(s) correta(s):

a) Apenas a sentença I está correta.
b) Apenas a sentença II está correta.
c) Apenas a sentença III está correta.
d) As sentenças I e II estão corretas.
e) As sentenças II e III estão corretas.

3. Uma vez estabelecido o método mais adequado e viável, inicia-se a execução das etapas para o desenvolvimento da marcha analítica:

I. Coleta de amostras – produtos alimentícios destinados à análise poderão ser coletados nos locais de fabricação, preparo, depósito, acondicionamento, transporte e exposição à venda. A quantidade de amostra deve ser suficiente para a realização da análise, sendo representativa e adequadamente identificada.

II. Acondicionamento – as amostras coletadas só precisarão de acondicionamento imediato se forem líquidas ou pastosas; amostras sólidas não sofrem alterações caso haja uma demora em acondicionar adequadamente.

III. Rotulagem – a rotulagem das amostras para análise só é necessária quando os alimentos não são embalados de fábrica.

IV. Transporte – só deve ser rápido quando a amostra for altamente perecível.

Sobre o desenvolvimento da marcha analítica, assinale a alternativa correta:

a) Somente a opção I.
b) Somente a opção IV.
c) As opções II e III.
d) As opções III e IV.
e) As opções I e IV.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Anvisa). Regulamento Técnico Sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. 2004. Disponível em: <https://goo.gl/k6X1DY>. Acesso em: 4 out. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4680.htm>. Acesso em: 7 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 8.543**, de 23 de dezembro de 1992. Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten, a fim de evitar a doença celíaca ou síndrome celíaca. Disponível em: <https://goo.gl/F1ndd5>. Acesso em: 9 out. 2017.

BRASIL. **Lei nº 11.105**, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. Disponível em: <https://goo.gl/47mHiF>. Acesso em: 6 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 22**, de 24 de novembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para rotulagem de produtos de origem animal embalado. Disponível em: <https://goo.gl/FFEXfb>. Acesso em: 6 out. 2017.

BRASIL. Alimentos / Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Universidade de Brasília. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação aos consumidores. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Universidade de Brasília, 2005. 17p. Disponível em: <https://goo.gl/K9gTWu>. Acesso em: 9 out. 2017. Disponível em <https://goo.gl/5gsoLj>. Acesso em: 9 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p. Disponível em: <https://goo.gl/pxM6pd>. Acesso em: 4 out. 2017.

BRASIL. **Portaria nº 29**, de 13 janeiro de 1998. Aprova o regulamento técnico referente a alimentos para fins especiais. Disponível em: <https://goo.gl/ZbQyZL>. Acesso em: 9 out. 2017.

BRASIL. **Resolução – RDC nº 40**, de 21 de março de 2001. Revogada pela Resolução – RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <https://goo.gl/Q5msDd>. Acesso em: 6 out. 2017.

BRASIL. **Resolução RDC nº 259**, de 20 de setembro de 2002. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem de alimentos embalados. Disponível em: <https://goo.gl/bKWr2i>. Acesso em: 6 out. 2017.

BRASIL. **Resolução – RDC nº 359**, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <https://goo.gl/17FhJW>. Acesso em: 6 out. 2017.

BRASIL. **Resolução – RDC nº 360**, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <https://goo.gl/ZdG3n3>. Acesso em: 9 out. 2017.

BRASIL. **Resolução – RDC nº 54**, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. Disponível em: <https://goo.gl/1MqDya>. Acesso em: 9 out. 2017.

BRASIL. **Resolução – RDC nº 26**, de 2 de julho de 2015. Dispõe sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares. Disponível em: <https://goo.gl/CYzbef>. Acesso em: 9 out. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Universidade de Brasília. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação às indústrias de alimentos. 2ª Versão. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Universidade de Brasília, 2005. 44 p. Disponível em: <https://goo.gl/oAeSLk>. Acesso em: 9 out. 2017.

CAMPBELL-PLATT, G. **Ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2015. p. 311-330.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

FERREIRA, A. B; LANFER-MARQUEZ, U. M. Legislação brasileira referente à rotulagem nutricional de alimentos. **Ver. Nutr.**, Campinas, v. 20, n. 1, jan./fev. 2007. Disponível em: <https://goo.gl/EiwZs8>. Acesso em: 9 out. 2017.

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. de. Composição de alimentos: um pouco de história. **ALAN**, v. 56, n. 3, p. 295-303, 2006. Disponível em: <https://goo.gl/4FyxUV>. Acesso em: 4 out. 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** [versão eletrônica]. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <https://goo.gl/aZgxYY>. Acesso em: 26 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Tabelas de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil.** 2008-2009. Disponível em: <https://goo.gl/7khsEp>. Acesso em: 4 out. 2017.

_____. **Tabela de composição de alimentos.** Disponível em: <https://goo.gl/6cLo1i>. Acesso em: 4 out. 2017.

NEPA – UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA- Unicamp, 2011. 161 p. Disponível em: <https://goo.gl/LFTYnt>. Acesso em: 4 out. 2017.

TBCA/USP. **Tabela de composição de alimentos.** Disponível em: <https://goo.gl/tsLdpd>. Acesso em: 4 out. 2017.

UNIFESP. **Tabela de composição de alimentos.** Disponível em: <https://goo.gl/Vfp6Zh>. Acesso em: 4 out. 2017.

WARDLAW, G. M.; SMITH, A. M. **Nutrição contemporânea**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 768 p. 25-101.

Água e carboidratos

Convite ao estudo

Caro aluno, agora que você já sabe a importância da composição química de um alimento e como é possível, por meio dela, determinar suas características, estudaremos a água e os carboidratos como os constituintes químicos encontrados nos alimentos e a forma como eles contribuem para conferir as propriedades dos alimentos.

É comum ouvirmos o termo "alimento não perecível". O que isso significa? Será mesmo que esse tipo de alimento não se deteriora? Por que ele é chamado assim? Você já parou para pensar nisso? Na verdade, o que chamamos de "alimentos não perecíveis" são aqueles mais secos, ou seja, aqueles que têm uma pequena quantidade de água, por isso sua deterioração é muito lenta. Para responder a essas questões, iniciaremos o estudo da Seção 2.1, na qual conheceremos Betina, que trabalha com alimentos os quais apresentam uma umidade alta e, consequentemente, a vida de prateleira é curta. Nesse sentido, por meio de experimentos no laboratório de bromatologia, ela estuda alternativas para diminuir o conteúdo de água e, assim, aumentar a vida útil do seu produto.

Os carboidratos na forma de monossacarídeos, oligossacarídeos ou polissacaríde os podem ser encontrados tanto naturalmente como adicionados em diversos alimentos. Maurício, engenheiro de alimentos, trabalha com desenvolvimento de alimentos com baixo teor de carboidratos, visando, principalmente, produzir alimentos para uma população incapaz de digeri-los. Quais processos podem ser usados para ajudar essas pessoas? Como incrementar esses produtos melhorando seu valor sensorial? O que fazer se, durante o processamento de alimentos com carboidratos, são produzidas substâncias tóxicas? Essas são algumas das questões que serão abordadas na Seção 2.2 desta unidade.

Amido, celulose, pectina, gomas e hidrocoloides são exemplos de polissacarídeos usados na indústria de alimentos. Quais são suas aplicações? Como Jorge, nutricionista, utiliza as propriedades dos polissacarídeos para resolver os problemas de viscosidade em relação à textura e ao fluxo de produtos líquidos? Quais propriedades das gomas são mais utilizadas pelo nutricionista no desenvolvimento dos produtos para fins especiais? A Seção 2.3 responderá a essas perguntas.

No decorrer desta unidade de ensino, trabalharemos com as diferentes propriedades e características dos alimentos. Na Seção 2.1, abordaremos as propriedades da molécula de água e sua correlação com a conservação de alimentos. Já na Seção 2.2 falaremos sobre a classificação e as propriedades dos carboidratos e as reações de degradação que podem ocorrer nessas estruturas. Por fim, na Seção 2.3, discutiremos as principais aplicações dos polissacarídeos na indústria de alimentos.

Ao final desta Unidade 2, você terá pleno domínio da seguinte competência técnica: compreender como o teor de água e tipo de carboidrato presentes nos alimentos e como eles influenciam no armazenamento e processamento, bem como no desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

Os objetivos desta unidade visam orientar sobre como o conteúdo de água presente nos alimentos está envolvido na conservação destes, assim como os diferentes tipos de carboidratos influenciam as características dos alimentos tanto in natura quanto processados.

Para compreendermos o assunto, atingirmos as competências e os objetivos da disciplina, segue uma situação hipotética para que você aproxime os conteúdos teóricos e a prática. Vamos lá!

Seção 2.1

Água dos alimentos

Diálogo aberto

Os alimentos podem sofrer diversas reações de degradação. O tipo de reação e a velocidade com que ela pode se desenvolver em um determinado alimento estão relacionados à quantidade de água presente nesse alimento. Betina é biomédica e trabalha na garantia de qualidade da empresa Lac Bonum, especializada em produtos lácteos, como iogurte, queijo, manteiga, coalhada e bebidas lácteas. A empresa desenvolveu uma linha de patês e está investindo em novos produtos com diversos sabores. Os patês apresentaram, recentemente, um crescimento de microrganismos que, mesmo não sendo patogênicos, são deteriorantes, diminuindo a vida útil do produto. Betina sabe que a atividade de água tem fundamental importância no controle do desenvolvimento de microrganismos em alimentos e as bactérias necessitam de atividade de água entre 0,75 e 0,97. Independentemente do sabor e dos ingredientes que fazem parte dos diversos tipos de patês, eles têm a seguinte composição: 62,5% de umidade e 0,98-0,93 de atividade de água. Dentro do contexto apresentado, quais são as alternativas que Betina pode usar para reduzir a contaminação microbiana?

Não pode faltar

A molécula de água é descrita como dois átomos de hidrogênio que interagem com os dois orbitais ligantes sp^3 do oxigênio, formando duas ligações covalentes sigma (**σ**). As moléculas de água se associam por meio de ligações de pontes de hidrogênio descrevendo comportamento geométrico de uma estrutura tetraédrica com baixo peso molecular, pequeno volume, alto momento dipolar e elevada constante dielétrica; essas características são responsáveis pelas propriedades especiais da molécula de água como solvente. O conhecimento das propriedades físico-químicas da água como peso molecular, ponto de fusão, ponto de ebulição, pressão de

vapor, densidade, calor latente de vaporização, dentre outras, faz com que seja possível saber como a água se comporta diante dos diferentes tipos de processamento tecnológico que um alimento pode sofrer. Essas propriedades indicam que existe uma forte atração entre as moléculas de água, assim como a possibilidade de penetração nas estruturas cristalinas dos hidrocoloides, solvatando íons ou moléculas.

As ligações de hidrogênio, ou pontes de hidrogênio, são ligações eletrostáticas, dipolo-dipolo, com um baixo nível energético. Elas ocorrem entre hidrogênio e átomos eletronegativos como o F (flúor), O (oxigênio), N (nitrogênio). Essas ligações são muito importantes porque ocorrem entre a água e os polissacarídeos e as proteínas, com isso, produz o efeito estereoquímico, isto é, a manutenção da configuração espacial através da união dessas estruturas com moléculas de água. Cada molécula de água pode estabelecer quatro pontes de hidrogênio com outras quatro moléculas, obtendo-se uma estrutura tetraédrica. Em sistemas aquosos, as ligações de hidrogênio se formam e se separam em uma velocidade muito maior do que a maioria das ligações covalentes, dando uma vantagem biológica às reações biomoleculares.

Na água líquida a 0 °C, cada molécula de água pode se ligar a outras três ou quatro moléculas, a qualquer momento, formando agregados de diferentes tamanhos e em contínua variação, com moléculas livres circulando entre os agregados. No gelo, cada molécula de água está unida, por ligações de hidrogênio, a exatamente quatro moléculas de água, logo, menos pontes de hidrogênio são rompidas por unidade de tempo e mais são formadas. Em outras palavras, ao resfriar uma massa de água a energia do sistema diminui, assim como os movimentos moleculares entre os agregados. A diferença entre a água e o gelo está na quantidade de pontes de hidrogênio estabelecidas, ou seja, a velocidade que as ligações são formadas e rompidas. O movimento das moléculas de água no estado sólido, o estado dinâmico do gelo, explica, de certa forma, que, mesmo armazenados em temperaturas baixas, sob congelamento, ocorre deterioração de alimentos e materiais biológicos, ou seja, o gelo não é um sistema estático e homogêneo.

O calor latente de vaporização está relacionado com a energia necessária para romper as ligações pontes de hidrogênio na molécula de água e, quando isso ocorre, a água passa para o estado de vapor; nessa condição, não forma sistemas agregados unidos por pontes de hidrogênio, ou seja, as moléculas estão muito afastadas entre si.

A água dissolve ou dispersa muitas substâncias, como: os sais cristalizados, compostos não iônicos, com caráter polar, como os açúcares, álcoois simples, aldeídos e cetonas; isso acontece porque há uma grande tendência das moléculas de água em estabelecer interação através de pontes de hidrogênio com essas substâncias. A água também mantém interações com grupos anfipáticos (contêm simultaneamente grupos muito hidrofóbicos e grupos fortemente polares), formando micelas, através de pontes de hidrogênio; isso só é possível pela interação entre as moléculas de solvente, ou seja, as micelas se formam porque a água tem mais afinidade com suas próprias estruturas do que com as não polares. A repulsão entre as moléculas de água e os grupos hidrofóbicos aumenta o número de agregados e de moléculas de água em cada agregado. Os ácidos graxos e lipídeos polares são as biomoléculas que tendem a formar micelas, assim como os aminoácidos apolares das cadeias laterais das proteínas.

Os diversos tipos de ligações entre as moléculas de soluto e a água alteram a proporção entre a quantidade de agregados de molécula de água formados e a proporção de moléculas de água livre.

A presença de solutos na água líquida tem um efeito na estrutura da água, pois produz uma mudança na estrutura tridimensional e nas propriedades da água, por exemplo, pressão osmótica, ponto de ebulição, ponto de congelamento, pressão de vapor etc. Os solutos produzem um efeito na estrutura do gelo, pois o tamanho, a estrutura e a orientação dos cristais de gelo dependem da quantidade e do tipo de soluto. Em alimentos e em material biológico, a estrutura dos cristais de gelo usualmente formada na presença de diferentes solutos é a hexagonal.

O teor de umidade de um alimento pode ser determinado experimentalmente por meio de vários métodos que são definidos de acordo com o tipo de alimento. Normalmente, os sólidos totais são obtidos dela diferença entre o peso total da amostra e o conteúdo de umidade e é geralmente expresso como uma porcentagem do peso total. A fórmula matemática que descreve a umidade pode ser representada da seguinte maneira:

$$\text{Umidade } (\%) = \left[(\text{Pi} - \text{Pf}) / \text{Pi}\right] \times 100$$

Onde: *Pi* = Peso inicial da amostra e *Pf* = Peso final da amostra.

Assimile

A medida do teor de água dos alimentos é muito importante porque, dependendo desse valor, os alimentos podem ser classificados em alimentos com alta umidade, alimentos com umidade intermediária e alimentos com baixa umidade.

Quando se determina o teor de umidade de um alimento por métodos analíticos usuais de secagem, ou seja, a porcentagem de água, não é possível saber como a água está distribuída nesse alimento nem se ela está ligada da mesma maneira aos solutos.

Para saber como a água está distribuída no alimento, ele deve ser submetido ao processo de secagem, sendo possível, com isso, observar que em um primeiro momento a água é eliminada mais facilmente com uma menor energia, ao nível de calor latente de vaporização; à medida que o alimento tem menos água necessita-se de maior energia, ou seja, é mais difícil de ser eliminada. Em outro experimento, foi possível observar que parte da água contida nos alimentos não é congelável e outra parte pode ser congelada. Foi observado que há também uma água que permite crescimento de microrganismos e outra que inviabiliza seu desenvolvimento. Quando se observa o comportamento da água como meio para reações químicas e enzimáticas, é possível notar que, dependendo da composição do alimento, a água não apresenta a capacidade de permitir as reações e outra água é um meio para que essas reações aconteçam. Com todas essas observações, é possível concluir que existem moléculas de água com propriedades e distribuição

diferentes em um mesmo alimento. Analisando essas suposições, foi possível caracterizar, pelo menos, três tipos de água presentes nos alimentos: água livre: presente nos espaços intergranulares e nos poros, atua como agente dispersante de substâncias coloidais, como solvente para compostos cristalinos **e nutriente para o crescimento de microrganismos ou reações químicas e enzimáticas**, sendo facilmente removida; água adsorvida: presente na superfície de macromoléculas como amido, pectina, celulose e proteínas, por forças de Van Der Waals e pontes de hidrogênio (ligações muito fracas), sendo facilmente removida; água de hidratação ou ligada: ligada quimicamente com outros compostos do alimento, dificilmente removida e que não oferece meio para o crescimento de microrganismos.

O conteúdo de água nos alimentos influencia os processos de deterioração que podem ocorrer, além da velocidade com que esses processos poderão acontecer. No entanto, alimentos com a mesma quantidade de água alteram-se de forma diferente. Como consequência dessa observação, surgiu o conceito de atividade de água (a_w), que é determinada pela fórmula: $Aw=P/P0$.

Define-se a Aw como a correlação entre a pressão de vapor de água de uma solução (ou de um alimento) (P) e a pressão de vapor da água pura (P0) sob a mesma temperatura. O valor da atividade de água pode também ser determinado a partir da umidade relativa de equilíbrio (URE, %) do ar ao redor da amostra, em uma câmara de medição selada, e é representado por: $Aw=URE/100$. Sensores de umidade relativa medem a URE por meio de alterações na resistência ou capacitância elétrica do material do sensor. Esse conceito permite calcular a estabilidade de muitos alimentos, melhorar os processos de conservação e desidratação e planejar novos produtos mais estáveis.

A partir dos valores de atividade de água, é possível correlacionar as possíveis alterações que os alimentos podem sofrer. A Figura 2.1 corresponde a um gráfico que correlaciona a velocidade de várias reações de degradação em relação ao valor da atividade de água dos alimentos. Na água pura, o valor da atividade de água é 1. Nos alimentos com atividade de água acima de 0,9, os microrganismos poderão crescer porque se formam soluções diluídas que servem de substrato para eles, enquanto, nessa condição, as reações químicas e enzimáticas podem ter sua velocidade diminuída pela baixa

concentração de reagentes. Em atividade de água 0,4-0,8, ocorre o aumento da concentração dos reagentes possibilitando o aumento da velocidade das reações químicas e enzimáticas. Em Aw próximo a 0,6 ocorrerá pequeno ou nenhum crescimento microbiano. Quando a atividade de água alcança valores inferiores a 0,3, atinge a zona de adsorção primária. Essa água presente nos pontos de adsorção primária está fortemente ligada ao alimento, formando uma monocamada, e não é utilizada para dissolver componentes dos alimentos, logo, o crescimento de microrganismos e as reações têm suas velocidades tendendo a zero. A exceção é a rancificação de lipídeos, cuja velocidade de reação aumenta com a diminuição da atividade de água. Vale salientar que os efeitos da variação da atividade de água nos alimentos também podem levá-los a uma deterioração de sua consistência e textura, como a compactação de leite em pó, café solúvel e produtos açucarados ou o murchamento de produtos extrusados.

Assimile

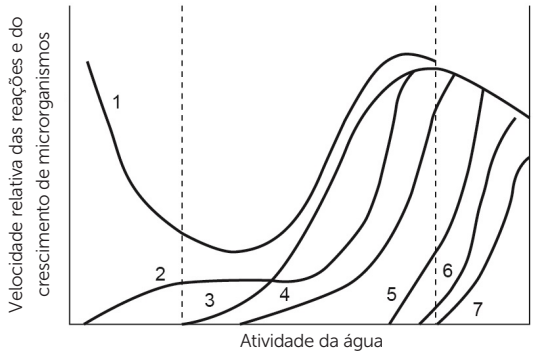
Atividade de água é definida como a correlação entre a pressão de vapor de água de uma solução (ou de um alimento) (P) e a pressão de vapor da água pura (P0) sob a mesma temperatura e pode ser representada pela fórmula $Aw=P/P0$.

É possível encontrar água livre, água adsorvida e água combinada nos alimentos e, dependendo do tipo de água presente, esses podem sofrer diferentes reações de deterioração.

O conhecimento do comportamento bioquímico da molécula de água é fundamental para a aplicação adequada dos processos tecnológicos de conservação em que a diminuição da atividade de água é um recurso para aumentar a vida de prateleira do alimento.

Fonte: <https://goo.gl/zXT4DG>. Acesso em: 24 nov. 2017.

Figura 2.1 | Gráfico que correlaciona atividade de água e velocidade das reações de deterioração que podem ocorrer nos alimentos



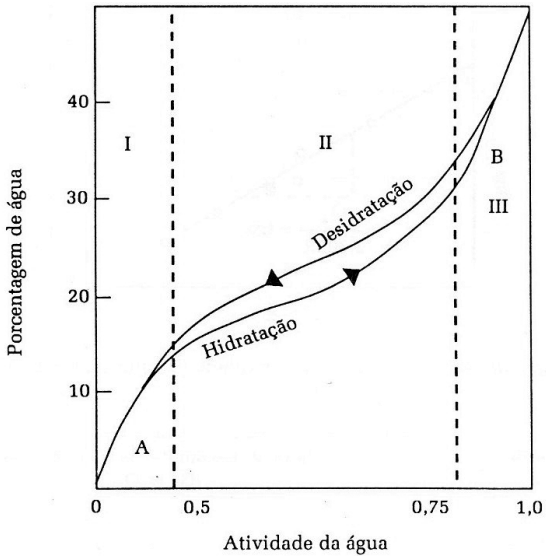
1. Oxidação de lipídios (rancificação)
2. Isoterma de adsorção de umidade
3. Escurecimento não-enzimático
4. Atividade enzimática
5. Crescimento de fungos
6. Crescimento de leveduras
7. Crescimento de bactérias

Fonte: Bobbio e Bobbio (1992, p. 17).

As moléculas de água presentes em um mesmo alimento têm diferentes propriedades, fato que pode ser comprovado quando são traçadas as curvas que representam o teor de água em função da sua atividade de água durante sua secagem e sua hidratação, a uma temperatura constante (Figura 2.2).

Analisando o gráfico da Figura 2.2, é possível observar que as duas isotermas mostram que, para cada valor da atividade de água ou da umidade relativa, entre os pontos A e B, há dois valores para o teor de água nos alimentos, sendo um valor maior para a fase de secagem e um menor para a fase de hidratação. A diferença observada no valor entre os processos de adsorção e dessorção é conhecida como histerese das isotermas de sorção da água e é detectada, principalmente, na zona intermediária dos gráficos, ou seja, na zona II, representada na Figura 2.2. Essas curvas são peculiares de cada grupo de alimentos e permitem prever a estabilidade de um produto em relação às diversas possibilidades de deterioração. A intensidade da histerese é variável e depende de fatores como a natureza do alimento, as mudanças físicas ocorridas quando se adiciona ou elimina água, o grau de dessorção, a quantidade de água eliminada durante a dessorção e a temperatura.

Figura 2.2 | Curvas de equilíbrio na secagem e hidratação de um alimento em função da correspondente atividade de água



Fonte: Bobbio e Bobbio (1992, p. 19).

Exemplificando

Maionese, sorvete, clara de ovo batida, manteiga, creme, mousses, dentre outros alimentos são exemplos de dispersões coloidais. Esses sistemas, na presença de água, formam micelas, agrupamentos de moléculas nos quais os grupos hidrofóbicos permanecem ocultos na estrutura micelar, enquanto os grupos polares estão expostos à fase aquosa.

O pão tem um teor de umidade (total de água) de, aproximadamente, 28,5%, enquanto sua Aw (água livre) é de 0,96. Já a geleia tem umidade em torno de 73,5% e Aw 0,86, ou seja, a disponibilidade para o crescimento microbiano é maior no pão.

O teor de umidade na carne fresca é em torno de 69% e do pão é 28,5%, mas ambos apresentam atividade de água em torno de 0,95.

O gráfico representado na Figura 2.2 está dividido em três zonas que indicam a forma como a água está ligada aos alimentos. A **zona I** é representada pela água fortemente ligada, ou seja, aquela presente na monocamada ou camada monomolecular. Essa água se encontra ligada aos grupos polares, HH^{3+} e COO-, das proteínas e dos grupos OH- dos amidos, assim como a água de cristalização de açúcares e sais. Essa água corresponde a uma Aw inferior a 0,2 até 0,3, é difícil de se extrair, não congela e não está disponível para atuar como solvente. **Na zona II**, a água está presente nas camadas de hidratação de proteínas, sais, açúcares etc. através de pontes de hidrogênio e interações dipolo-dipolo ou retida fisicamente nos microcapilares, correspondendo a uma Aw entre 0,2-0,3 e 0,8. A maior parte da água presente em alimentos frescos está representada na **zona III**; essa água é a mais móvel e encontra-se fisicamente retida em membranas, capilares e géis, sendo facilmente removida por diversos procedimentos, e equivale a uma Aw de 0,8-0,99, sendo responsável pela alteração dos alimentos, já que está disponível para o crescimento de microrganismos e para as reações químicas.

Quando se armazena um alimento em um ambiente com umidade relativa superior à umidade relativa de seu equilíbrio, ele fixa o vapor de água, ou seja, absorve água, para alcançar o equilíbrio. Quando o alimento é colocado em um ambiente cuja umidade relativa é inferior à umidade relativa de equilíbrio correspondente ao conteúdo de água do produto, ele cede água mediante o processo de dessorção. Em geral, a isoterma de adsorção para um determinado produto não é equivalente à isoterma de dessorção.

Ao se armazenar os alimentos em ambientes onde a umidade relativa seja superior à umidade relativa de seu equilíbrio, o vapor de água será fixado, ou seja, a água será absorvida para que o equilíbrio seja alcançado. Porém, ao contrário, quando o alimento é colocado em ambientes cuja umidade relativa seja inferior à umidade relativa de equilíbrio correspondente ao conteúdo de água do produto, esse cederá a água pelo processo de dessorção. De uma forma geral, a isoterma de adsorção para um determinado produto não é equivalente à isoterma de dessorção.

As principais aplicações para as isotermas de sorção e dessorção estão relacionadas com a avaliação da estabilidade dos alimentos.

As isotermas são usadas para: o cálculo da atividade de água em misturas de diversos ingredientes com diferentes atividades de água; a estimativa do peso e da área da camada primária; o estudo do tipo de embalagem mais adequada considerando a capacidade de sorção de água pelo alimento; a previsão do grau de desidratação do alimento diante de mudanças de temperatura ambiente durante o armazenamento; a melhoria dos processos de conservação fundamentados na redução da atividade de água.

Congelamento, concentração, desidratação parcial ou adição de açúcar ou sal são exemplos de processos tecnológicos, aplicados aos alimentos, para melhorar sua estabilidade por meio da redução da quantidade de água livre.

A determinação da umidade presente nos alimentos é uma medida extremamente importante porque ela está relacionada com a estabilidade, qualidade e composição do alimento. Quando um alimento é estocado em um ambiente com alta umidade, ele está sujeito a uma rápida deterioração. Um fator importante na seleção de um método analítico de determinação de umidade está relacionado à exatidão, precisão e praticidade. Dentre os vários métodos de determinação de umidade encontrados na literatura, pode-se destacar: 1. secagem em estufas (simples, simples com circulação de ar e a vácuo; 2. secagem por radiação infravermelha; 3. secagem em forno de micro-ondas; 4. secagem em dessecadores; 5. métodos por destilação; 6. métodos químicos, por exemplo, Karl Fischer; 7. métodos físicos, por exemplo, cromatografia gasosa, ressonância nuclear magnética, índice de refração, densidade, dentre outros.

Entender o comportamento bioquímico da água é ferramenta importante para a indústria de alimentos, pois a água contida no alimento influencia sua perecibilidade microbiológica, química e enzimática. Os alimentos com diferentes teores de umidade se comportam de maneira diferente em relação às possíveis reações de degradação que podem apresentar. Alguns alimentos são mais suscetíveis à reação de oxidação, outros são mais suscetíveis ao crescimento microbiano. Não é possível aplicar um processamento adequado aos alimentos e determinar seus parâmetros de armazenamento sem o conhecimento das propriedades da água presente neles.

Reflita

É possível, por meio da determinação usual do teor de água no alimento, observar um resultado com alto teor de umidade e, no entanto, ser difícil o crescimento de microrganismos nesse alimento?

Alimentos com o mesmo teor de água podem sofrer processo de alteração diferente?

Pesquise mais

Agora que você já compreendeu a importância do teor de umidade dos alimentos, aprofunde seus conhecimentos por meio das seguintes indicações: acesse a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (*e-book* gratuito) para obter, a partir de uma fonte segura, os valores da composição de alimentos (dê ênfase ao teor de umidade). Saiba que existem muitas tabelas na internet, mas você deve levar em consideração apenas aquelas elaboradas por laboratórios credenciados. Disponível em: <https://goo.gl/BbZ8Wh>. Acesso em: 7 nov. 2017.

Aprofunde seus conhecimentos sobre os métodos de determinação de umidade, neste caso, usando o aparelho de micro-ondas.

VALENTINI, S. R. T.; CASTRO, M. F. P. M.; ALMEIDA, F. H. Determinação do teor de umidade de milho utilizando aparelho de microondas. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, v. 18, n. 2, maio/jul. 1998. Disponível em: <https://goo.gl/fe3hd5>. Acesso em: 7 nov. 17.

Aproveite e pesquise imagens sobre os equipamentos utilizados para análise do teor de umidade dos alimentos.

Sem medo de errar

A diminuição da atividade de água do produto (remoção de umidade) inibe a proliferação de microrganismos e retarda os processos de deteriorações de origem físico-química.

Os microrganismos não se multiplicam em alimentos com 0,6 de atividade de água, mas se mantêm viáveis por tempo prolongado. O crescimento e o metabolismo dos microrganismos exigem a presença de água na forma livre; vale salientar que os microrganismos apresentam um valor mínimo, um máximo e um valor ótimo de atividade de água para sua multiplicação. Existem várias alternativas para reduzir a atividade de água em alimentos, o método utilizado está diretamente

relacionado com a temperatura e as características do produto. Agora, voltaremos a falar do patê. Para reduzir a atividade de água no patê produzido pela empresa em que Betina trabalha, foi decidido que se aumentasse a concentração de solutos na fase aquosa do alimento. Para executar esse procedimento, foi testada a remoção de água, por meio da secagem e da adição de solutos. Como a empresa não permite a adição de conservantes em seu produto, foi vetada a possibilidade de acrescentá-los ao patê. Betina começou a fazer o desenvolvimento dos produtos aplicando métodos para a redução da atividade de água. Inicialmente, o patê foi submetido ao processo de secagem usando a liofilização, que consiste na secagem do produto usando temperaturas de congelamento, ou seja, a água sublima, não havendo, dessa forma, perdas de aromas. A redução da atividade de água por congelamento não se mostrou eficiente, pois, após o descongelamento, houve uma depreciação na textura e no aspecto do patê devido à separação de fases, apresentando quebra na emulsão. Betina usou a adição de sais, de açúcar e outras substâncias que provocam a redução do valor da atividade de água, por exemplo, o glicerol e os polissacarídeos, principalmente amido parcialmente hidrolisado. No caso do aumento da concentração pela adição de solutos, foi possível observar que o sal e o glicerol foram os mais eficientes na diminuição da atividade de água, no entanto, o amido parcialmente hidrolisado não provocou alterações sensoriais consideráveis ao produto. Pela sua eficiência em aumentar a vida de prateleira reduzindo o crescimento de microrganismos e ser um produto economicamente viável, o amido parcialmente hidrolisado passou a fazer parte da composição do patê. Uma pequena redução da atividade de água já trouxe efeitos suficientes para preservar o alimento. Dessa forma, houve uma menor deterioração microbiana, ou seja, o patê pôde ser conservado por muito mais tempo, sem o crescimento microbiano, não alterando o sabor, o aroma e a textura.

Avançando na prática

Quem não gosta de um salgadinho crocante?

Descrição da situação-problema

A extrusão de alimentos é um processo que permite a obtenção de produtos com diferentes formas e texturas. Normalmente, são

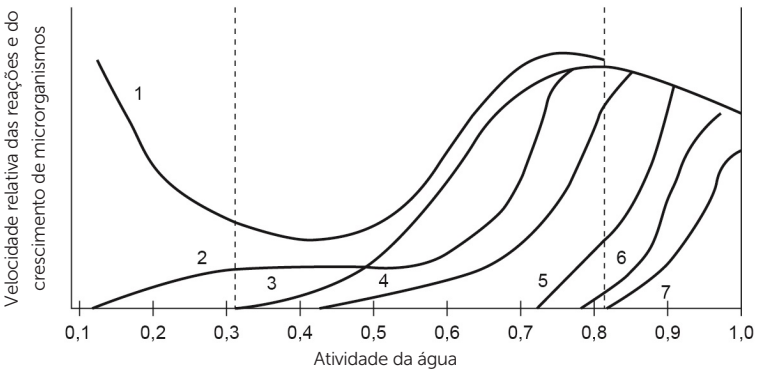
alimentos crocantes com alta aceitação no mercado. Para garantir a qualidade de seus produtos, uma indústria produtora desses alimentos mantém um laboratório de controle de qualidade gerenciado pela Camila, uma engenheira de alimentos com experiência em análises bromatológicas. Recentemente, Camila recebeu diversas amostras que apresentavam murchamento antes de vencer o prazo de validade. Os conceitos de umidade e atividade de água permitem calcular a estabilidade de muitos alimentos e melhorar os processos de conservação, além do planejamento de novos produtos mais estáveis. Como Camila melhorará a conservação desses alimentos? O que deve ser feito para que esse produto permaneça crocante e bem aceito?

Resolução da situação-problema

Camila sabe que alimentos muito secos absorverão água se forem expostos a ambientes muito úmidos e alimentos muito úmidos perderão água para ambientes muito secos, até que cheguem ao equilíbrio, ou seja, até que alimento e ambiente apresentem teores iguais de água. Esse fenômeno não pode ocorrer durante o armazenamento de produtos extrudados, pois acarreta a perda de sua consistência. Para que isso não ocorra, Camila deverá determinar com precisão e exatidão o teor de umidade do produto após a adição dos aditivos necessários e próprios para cada tipo e sabor de alimento. Os métodos para análise de alimentos são muitos, dessa maneira, normalmente, o laboratório que trabalha com essas análises costuma ter vários métodos para uma mesma determinação e isso depende do tipo de alimento que está sendo submetido ao teste. Analisando a composição do produto, Camila conclui que o método mais adequado para saber o teor de umidade desse tipo de alimento é a secagem em estufas com circulação de ar. Para executar essa análise, deve ser pesada uma quantidade adequada de amostra, com cuidado para não passar umidade; colocar a amostra na estufa em temperatura e velocidade do ar adequadas para a amostra; esperar cerca de duas horas ou até que toda água seja evaporada; pesar a amostra após resfriada em dessecador; e fazer os cálculos utilizando a diferença do peso da amostra antes e depois da secagem. De posse desses dados, Camila saberá exatamente o teor de umidade de suas amostras e assim adequará a embalagem para cada de tipo de alimento, de modo que a crocância seja mantida até o vencimento.

Faça valer a pena

1. O conteúdo de água nos alimentos influencia os processos de deterioração que podem ocorrer, como também a velocidade com que esses processos poderão acontecer. Dentro desse contexto, analise o gráfico a seguir que correlaciona a atividade de água com a velocidade das reações de deterioração que podem ocorrer nos alimentos.



1. Oxidação de lipídios (rancificação)
2. Isoterma de adsorção de umidade
3. Escurecimento não enzimático
4. Atividade enzimática
5. Crescimento de fungos
6. Crescimento de leveduras
7. Crescimento de bactérias

Fonte: adaptado de Bobbio e Bobbio (1992, p. 17).

Um alimento com atividade de água igual a 0,95 deverá ser estocado por três meses sob refrigeração para um posterior processamento. Que tipo de alteração poderá ocorrer com esse alimento? Assinale a alternativa que responde ao questionamento.

a) Oxidação de lipídeos e crescimento de fungos.
b) Escurecimento não enzimático e crescimento de bactérias.
c) Crescimento de fungos e atividade enzimática.
d) Atividade enzimática e oxidação de lipídeos.
e) Escurecimento não enzimático e crescimento de fungos.

2. A molécula da água com estrutura tetraédrica tem baixo peso molecular e pequeno volume. O conjunto formado pelo reduzido volume, alto momento dipolar e elevada constante dielétrica é o principal responsável pelas propriedades especiais da molécula de água como solvente. Seu pequeno volume permite a penetração nas estruturas cristalinas e nas moléculas de grandes dimensões como hidrocoloides, solvatando os íons ou as moléculas. Suas características elétricas e momento dipolar permitem sua participação em ligações covalentes, dipolo-dipolo e íon-dipolo, e sua alta constante dielétrica é fator importante na solvatação e separação de íons. A seguir, analise as afirmações sobre a molécula de água.

I. A molécula de água tem um pequeno volume e baixo peso molecular, permitindo sua penetração nas estruturas cristalinas entre moléculas de grande dimensão (hidrocoloides), solvatando íons ou moléculas. Dessa forma, a água interage com os componentes dos alimentos como proteínas, carboidratos e sais. Essas interações ocorrem ente H, F, O, N e são denominadas de pontes de hidrogênio.
II. A equação $Aw=P/P0$, ou seja, P = pressão de vapor da água em equilíbrio sob o alimento e P0 = pressão de vapor da água pura, define atividade de água.
III. A equação $Aw=URE/100$ descreve a atividade de água, como a porcentagem de água presente no alimento após ele entrar em equilíbrio com a atmosfera ao seu redor em uma dada temperatura.
IV. A água é o componente majoritário da maioria dos alimentos, especialmente daqueles consumidos processados. A água no interior celular é imprescindível para que os diversos compostos químicos (orgânicos e inorgânicos) permaneçam em solução, permitindo o acontecimento das reações químicas. No entanto, a presença de altos teores de água nos alimentos promove um ambiente extremamente desfavorável ao desenvolvimento de microrganismos, mas propicia reações degenerativas de oxidação. Por esses motivos, os alimentos têm sua vida de prateleira limitada à quantidade de água neles existente, ou seja, quanto maior o percentual de água do alimento, maior sua vida útil.

Analise as assertivas anteriores e assinale a alternativa que as avalie corretamente.

a) É verdadeiro o que se afirma em I, II e IV, mas é falso o que se afirma em III.
b) É verdadeiro o que se afirma em II, III e IV, mas é falso o que se afirma em I.
c) É verdadeiro o que se afirma em I, III e IV, mas é falso o que se afirma em II.
d) É verdadeiro o que se afirma em I, II e III, mas é falso o que se afirma em IV.
e) é verdadeiro o que se afirma em IV, mas é falso o que se afirma em I, II e III.

3. Em relação à água presente nos alimentos, analise as assertivas a seguir:

I. Presente nos espaços intergranulares e nos poros, atua como agente dispersante de substâncias coloidais e como solventes para compostos cristalinos, podendo ser facilmente removida. Essa é a definição de água adsorvida.
II. A água adsorvida está presente na superfície de macromoléculas como o amido e a pectina, por força de Van der Waals e pontes de hidrogênio, e pode ser facilmente removida.
III. Leite em pó, vegetais secos e flocos de milho são exemplos de alimentos que apresentam entre 2% e 5% de umidade. A atividade de água desses alimentos é em torno de 0,2, o que significa que não ocorre crescimento de microrganismos.
IV. Na zona de adsorção primária ou monocamada, a água está ligada em pontos de adsorção primária e não a outras moléculas de água por pontes de hidrogênio. Essa água não é facilmente removida, mas sim utilizada para dissolver os componentes do alimento, podendo contribuir, portanto, de modo fraco para sua degradação.

Assinale a opção verdadeira sobre a água presente nos alimentos.

a) É verdadeiro o que se afirma em I e II, mas é falso o que se afirma em III e IV.
b) É verdadeiro o que se afirma em II e IV, mas é falso o que se afirma em III e I.
c) É verdadeiro o que se afirma em II e III, mas é falso o que se afirma em I e IV.
d) É verdadeiro o que se afirma em III e IV, mas é falso o que se afirma em II e I.
e) É verdadeiro o que se afirma em I e III, mas é falso o que se afirma em II e IV.

Seção 2.2

Carboidratos dos alimentos

Diálogo aberto

Os alimentos são substâncias complexas constituídas por uma série de diferentes nutrientes que estão constantemente interagindo e se transformando, principalmente quando esse sistema chamado alimento é submetido a diferentes processamentos. Os carboidratos, monossacarídeos e oligossacarídeos são compostos encontrados em diversos alimentos, presentes naturalmente ou adicionados. Maurício, engenheiro de alimentos, trabalha com desenvolvimento de alimentos com baixo teor de carboidratos, visando, principalmente, produzir alimentos para uma população incapaz de digeri-los. Além disso, ele estuda métodos de processamento que diminuam as reações de degradação dos monossacarídeos e oligossacarídeos. Quais processos podem ser usados para ajudar essas pessoas? Como incrementar esses produtos melhorando seu valor sensorial? O que fazer se, durante o processamento de alimentos com carboidratos, são produzidas substâncias tóxicas? Todas essas dúvidas envolvem os cuidados com o processamento de alimentos ricos em carboidratos. É importante salientar que, para cada situação, Maurício deve levar em consideração a composição química de cada alimento.

A preocupação da indústria de alimentos em desenvolver produtos mais saudáveis não é ilusão, pois é sabido que alimentos ricos em carboidratos podem gerar ou aumentar a incidência de doenças, tais como a obesidade, a cárie, a diabetes, os problemas cardiovasculares, a hipertensão e até mesmo alguns tipos de câncer. O consumo exagerado de açúcar na alimentação pode sobrecarregar o pâncreas, pois, para manter os níveis de glicose no sangue, ele necessita produzir constantemente insulina. Caso a insulina não seja produzida em uma quantidade suficiente para as necessidades do indivíduo, pode desencadear uma diabetes tipo 2. Maurício sabe disso e, por isso, trabalha em prol de produzir alimentos que contribuam para uma vida mais saudável e que sejam acessíveis tanto do ponto de vista financeiro quanto sensorial.

Consumir açúcar em excesso se tornou um perigo, por isso, a avaliação rigorosa dos alimentos consumidos e os hábitos de vida são atitudes que devem ser bem observadas.

Quais são as alternativas que Maurício usará para contribuir positivamente em um mercado cada vez mais competitivo?

Não pode faltar

Os carboidratos, encontrados naturalmente ou adicionados aos alimentos, são os principais nutrientes usados como fonte de energia na dieta e contribuem com as características sensoriais de sabor e textura. Eles apresentam várias estruturas moleculares com tamanhos e configurações diferentes, variadas propriedades físicas e químicas, bem como diversos efeitos fisiológicos no corpo humano.

Os carboidratos são definidos como poliidroxialdeídos, poliidroxicetonas, poliidroxiálcoois, poliidroxiácidos e seus derivados simples e polímeros desses compostos unidos por ligações hemiacetálicas. São formados por cadeias não ramificadas e, dependendo do número de unidades que os constituem, são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

Os monossacarídeos são constituídos de uma única molécula e não podem ser hidrolisados em açúcares de menor peso molecular. Na natureza, os monossacarídeos mais abundantes são as hexoses, que apresentam 6 carbonos, por exemplo, a glicose e galactose, que são aldoses, e a frutose, uma cetose.

Todos os açúcares que têm um grupo hidroxila no carbono quiral (assimétrico) de número mais alto, posicionados do lado direito, são chamados de açúcares D, e todos com a hidroxila do lado esquerdo são chamados de L, sendo estes menos abundantes na natureza. A L-arabinose e a L-galactose são encontradas nos alimentos como constituintes dos polissacarídeos. A D-frutose, um açúcar cuja função carbonila é uma cetona, constitui mais de 55% dos xaropes de alta concentração de frutose e cerca de 40% do mel.

As configurações D e L são arbitrárias, enquanto a rotação ótica é indicada pelos sinais de (+) ou (-), ou seja, quando um açúcar em solução gira o plano de luz polarizada para a direita, é chamado dextrorrotatório (+), e, quando gira para a esquerda, levorrotatório (-).

A estrutura dos monossacarídeos é cíclica, ou seja, a carbonila está combinada com uma das hidroxilas da mesma molécula por meio de uma ligação hemiacetálica. Nessa ciclização (ver *Lecture notes #8 carbohydrates*, disponível em: <https://goo.gl/yruP59>, acesso em: 23 nov. 2017) a adição nucleofílica do grupo hidroxílico ao grupo carbonílico formará um novo centro quiral com formação de dois isômeros designados **α** (alfa) e **β** (beta). O que caracteriza a configuração **α** é que o grupo hidroxila se localiza abaixo do plano do anel na projeção de Haworth. Quando o grupo hidroxila encontra-se acima do plano do anel, caracteriza a posição **β**. A grande importância desse conhecimento está no fato de que as enzimas digestivas só conseguem hidrolisar ligações glicosídicas tipo **α**, portanto, os carboidratos com ligações tipo **β** não podem ser digeridos.

Quando a forma hemiacetal dos açúcares reage com álcool, ocorre a formação dos **glicosídeos**. Essa reação, no laboratório, é catalisada por ácidos em temperaturas elevadas, no entanto, na natureza, essa reação ocorre por meio da ação enzimática em meios aquosos. Os monossacarídeos mais frequentemente encontrados na natureza são: D-glicose, D-manose, D-galactose, D-xilose, L-arabinose e a D-frutose.

A D-glicose é uma das principais fontes de energia dos organismos vivos e pode ser encontrada no mel e nas frutas, assim como constituintes de vários oligossacarídeos e polissacarídeos.

A D-manose é obtida pela hidrólise de mananas, já a D-galactose faz parte da lactose e é encontrada na pectina na forma de ácido galacturônico.

Tanto a D-xilose quanto a L-arabinose não são encontradas livres na natureza, mas são largamente distribuídas em polissacarídeos como as xilanas e arabinanas. A D-frutose é encontrada principalmente em frutas e mel.

Exemplificando

D-xilose é uma pentose que não está livre na natureza, mas é encontrada como parte de polissacarídeos existentes na madeira, na palha, na casca de cereais, no sabugo de milho etc. Ela é obtida facilmente na forma livre por hidrólise ácida desses polissacarídeos.

Os monossacarídeos apresentam várias propriedades físico-químicas de interesse para a tecnologia de alimentos:

1. Higroscopicidade: ou capacidade de adsorção de água devido à presença de grupos hidroxila que se ligam à água por pontes de hidrogênio. Em produtos de padaria e confeitaria, essa propriedade é favorável, pois formam uma camada superficial que limita a perda de água do alimento, enquanto em produtos granulados ou em pó essa propriedade é desfavorável, pois a entrada de água facilita a formação de aglomerados que dificultam a solubilidade dos açúcares.

2. Mutarrotação: é definida como sendo a mudança da rotação ótica sofridas pelo monossacarídeos quando estão em solução. Açúcares na configuração α são mais doces do que seus isômeros β.

3. Estado vítreo: nesse caso, a viscosidade é alta o suficiente para impedir que o açúcar cristalize, por exemplo os caramelos duros.

4. Cristalização: a formação de cristais de lactose no leite condensado ou mesmo no sorvete confere uma textura arenosa ao alimento, tornando-o praticamente inaceitável.

5. Inversão: esse termo é usado quando ocorre mudança no poder rotatório da solução quando ela é hidrolisada. O produto obtido é chamado de açúcar invertido e pode ser encontrado de forma natural no mel. No caso de uma solução de sacarose, um dissacarídeo, quando é hidrolisada, gera uma solução composta por uma mistura de glicose mais frutose, com isso, ocorre o aumento do sabor doce e da solubilidade do açúcar, pois a frutose livre é mais solúvel do que a sacarose.

Assimile

Os carboidratos apresentam propriedades físico-químicas que são muito utilizadas na indústria de alimentos, como a higroscopicidade, mutarrotação, viscosidade, cristalização e inversão.

O grupo carbonila de um carboidrato e o grupo amina de um aminoácido podem reagir provocando a degradação de ambos os compostos. Essa reação, chamada de escurecimento não enzimático, é importante pois catalisa o aparecimento de compostos escuros, melanoidinas, que podem ser favoráveis ou desfavoráveis para a aceitação do alimento.

A partir do conhecimento dessas propriedades apresentadas pelos açúcares, é possível entender seu comportamento durante o processamento de alimentos.

As moléculas de carboidratos que têm uma hidroxila livre são capazes de participar de várias reações que promovem o desenvolvimento de vários produtos, que, de alguma forma, podem ser aplicados à tecnologia de alimentos.

Com o objetivo principal de determinar a oxidação quantitativa da D-glicose em alimentos, utiliza-se da enzima glicose oxidase que catalisa a reação da D-glicose a ácido D-glicônico. O D-glucono-delta-lactona (GDL) é um acidulante utilizado em carnes e produtos lácteos, além de ser utilizado como um fermento químico em massas refrigeradas.

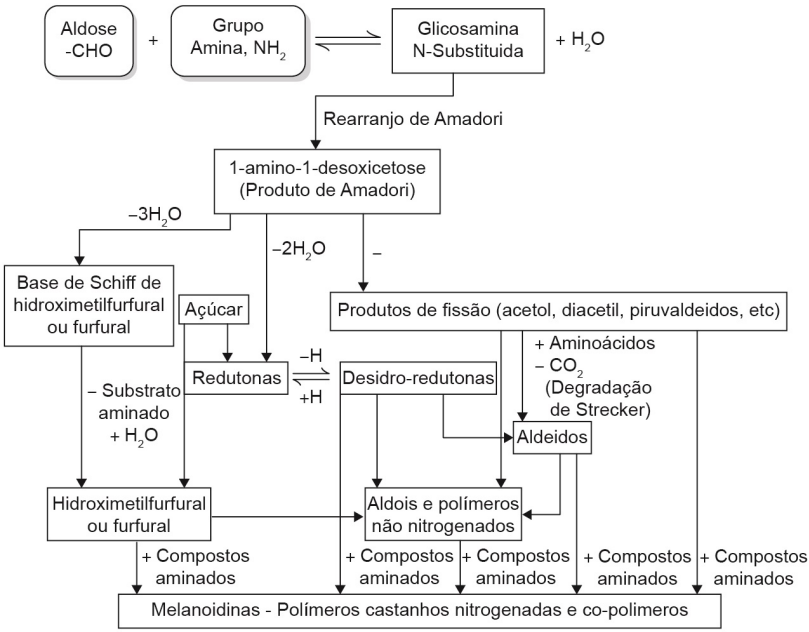
Para se determinar quantitativamente o teor de açúcares, é necessário fazer uma reação de oxidação do grupo aldeído para um grupo carboxil/carboxilato. Solução de Fehling, reagentes de Somogyi-Nelson e Benedict são usados nos métodos em que essa análise é necessária. Para ser um bom agente redutor, é fundamental que a hidroxila no carbono 1 esteja livre, com isso o açúcar que apresenta essa característica é chamado de açúcar redutor, pois ele é capaz de reduzir íons metálicos em soluções alcalinas.

Açúcares álcoois são obtidos por uma reação de hidrogenação, que é uma reação caracterizada pela adição de um átomo de hidrogênio à carbonila de uma aldose ou cetose. O sorbitol é produzido pela hidrogenação da D-glicose e é usado para manter a umidade dos produtos (umectante). O manitol é produzido pela hidrogenação da D-frutose e é usado principalmente em gomas de mascar isentas de açúcar, dentre outras aplicações. Tanto o sorbitol como o manitol, associados à edulcorantes, podem ser utilizados na fabricação de chocolates dietéticos, no entanto, esses alimentos tornam-se mais calóricos porque aumenta-se a proporção de manteiga de cacau. A absorção lenta no trato intestinal do manitol e sorbitol pode ter efeito laxativo. O xilitol é produzido pela hidrogenação da xilose e é usado em balas de menta e gomas de mascar sem açúcar porque dá sensação de frescor na boca.

O escurecimento de alimentos, sob aquecimento (frituras, grelhados, assados) ou durante a estocagem, é devido a diversas reações químicas entre o açúcar redutor e um grupo amina primário, que, ao produzirem numerosos compostos que conferem aroma, sabor e materiais poliméricos escuros, podem tornar o alimento desejável ou indesejável. Essa reação é conhecida como reação de Maillard ou escurecimento não enzimático e se inicia com a condensação do grupo carbonila pelo ataque nucleofílico do par de elétrons do nitrogênio do grupo amina, seguida pela eliminação de água e da formação de glicosilamina. As bases de Schiff formadas são compostos instáveis que sofrem rápida isomerização e, posteriormente, um rearranjo de Amadori, formando compostos transformados, e o resultado é uma mistura complexa de compostos suscetíveis à polimerização. Os compostos cíclicos reativos como furfural, hidroximetilfurfural, pirróis e compostos que contêm grupos aminas se polimerizam originando pigmentos escuros chamados melanoidinas, um material insolúvel que contém nitrogênio. Sua coloração varia de marrom a preto, além de variar sua massa molecular, conteúdo de nitrogênio e solubilidade.

A degradação de Strecker consiste em um grupo de reações que envolve compostos α- dicarbonílicos (as desoxizonas ou osonas) e α-aminoácidos. Essa reação resulta na formação de uma base de Schiff, em seguida, uma descarboxilação, desidratação e eliminação para a produção de um aldeído com um átomo de carbono a menos do que o aminoácido original. Os aldeídos produzidos são os que contribuem para a formação de aroma durante o escurecimento não enzimático. Temperatura, tempo, pH, natureza dos açúcares redutores, natureza dos compostos amino e atividade de água dos alimentos são fatores que interferem na formação dos produtos que originam os aromas e sabores devidos à reação de Maillard. A velocidade dessa reação pode ser monitorada pelo controle da temperatura (essa redução diminui a velocidade da reação), controle da atividade de água, controlando os reagentes, o tempo e o pH (diminuindo o pH, diminui-se a velocidade da reação). Além disso, essa reação pode ser inibida com a adição de dióxido de enxofre e os íons bissulfito, pois estes reagem com grupos aldeídos.

Figura 2.3 | Esquema que envolve a reação de Maillard e a degradação de Strecker



Fonte: Hodge (1953, p. 928-943).

A reação de escurecimento de Maillard destrói o aminoácido e, como consequência, diminui o valor nutricional do alimento. Por exemplo, alimentos grelhados e assados podem ter perdas de lisina e arginina em torno de 15% a 40%.

O escurecimento devido à reação de Maillard é desejável na crosta do pão, em biscoitos e em carnes grelhadas, bem como o aroma formado por essa reação em leite, chocolate, caramelo, doce de leite, além das substâncias amargas no café torrado e na cerveja. Por outro lado, pode originar aromas e sabores indesejáveis, produzidos durante a pasteurização, estocagem de alimentos desidratados e produção de grelhados de carne ou peixe. Também pode diminuir a aceitação de sucos, vegetais e produtos concentrados, assim como a destruição da lisina durante a secagem de cereais e derivados. Um efeito pouco favorável devido à reação de Maillard e de Strecker é a produção de substâncias potencialmente tóxicas, como a acrilamida, neurotóxica e as

nitrosaminas, que têm caráter mutagênico. Batata frita e *chips* são mais suscetíveis à formação de acrilamida.

A caramelização é formada por um complexo grupo de reações que envolve o aquecimento, em torno de 200 °C, de carboidratos em ausência de compostos nitrogenados. Pequenas quantidades de ácidos e bases aceleram a velocidade dessa reação, sendo mais rápida em meio alcalino. O caramelo é o produto final formado e contém uma mistura complexa de compostos poliméricos formados a partir de compostos cíclicos. Na produção comercial do caramelo, um carboidrato (normalmente a sacarose, D-frutose, dextrose, açúcar invertido, xarope de glicose, xaropes de malte e melados) é aquecido isoladamente na presença de um ácido (sulfúrico, fosfórico, acético ou cítrico), ou de uma base (hidróxidos de amônio, de sódio, de potássio ou de cálcio), ou de um sal (carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, sulfatos ou bissulfitos). Vale salientar que a temperatura é uma variável de grande importância para a obtenção das características de cor e aromas formados. Os caramelos podem ser divididos em quatro classes:

Classe I: são chamados de caramelo claro ou cáustico, obtidos pelo aquecimento do carboidrato na ausência de amônia e íons sulfito.

Classe II: chamado de sulfocáustico, é preparado por aquecimento do carboidrato em presença de um sulfito, sem íon amônia. É um caramelo marrom avermelhado usado em cervejas e outras bebidas alcóolicas.

Classe III: conhecido como caramelo de amônio, é preparado na presença de uma fonte de íons amônia, mas sem a presença de íon sulfito; sua coloração é marrom avermelhada e pode ser usada em produtos de panificação, xaropes e pudins.

Classe IV: é chamado de sulfito-amônio, é marrom e preparado na presença tanto de íons amônio quanto de sulfito, e pode ser usado em refrigerantes à base de cola e outras bebidas ácidas, xaropes, temperos secos, assados, doces e rações.

Em todos os quatro tipos de caramelo, pode-se empregar um ácido ou uma base para sua produção.

Os oligossacarídeos (2 a 20 unidades de açúcar) são encontrados naturalmente em pequenas quantidades, sendo que a maioria é produzida por hidrólise de polissacarídeos. Os oligossacarídeos de maior interesse para a tecnologia de alimentos são: maltose, lactose, sacarose e as ciclodextrinas. Também podem ser encontrados com frequência a celobiose, xilobiose, gentiobiose, isomaltose, trealose e rafinose, dentre outros.

A **maltose**, também conhecida como açúcar do malte, é um dissacarídeo formado por duas unidades de glicose e um açúcar redutor, produzida pela hidrólise parcial do amido por meio da ação da enzima β-amilase ou pela ação de ácidos. Pode ser produzida por fermentação na fabricação de cerveja.

A **lactose**, um dissacarídeo encontrado no leite, é formada por uma molécula de glicose e uma molécula de galactose. A enzima lactase, presente no intestino delgado, hidrolisa a lactose em seus monossacarídeos constituintes, mas se por alguma razão a lactose ingerida for hidrolisada apenas parcialmente, o indivíduo apresentará uma síndrome clínica, chamada intolerância à lactose.

A **sacarose**, açúcar de mesa, é encontrada principalmente na cana-de-açúcar e na beterraba, no entanto, ela é encontrada em todas as plantas que fazem fotossíntese. Ela é composta por uma unidade de α-D-glicopiranosil e uma unidade de β-D-frutofuranosil unidas com as extremidades redutoras. Com isso, a sacarose é classificada como um açúcar não redutor, pois sua extremidade redutora não está livre. Quando a sacarose é hidrolisada em uma mistura equimolecular de D-glicose e D-frutose, sua rotação óptica específica é invertida, ou seja, a mistura gira o plano de luz polarizada para a esquerda, originando o açúcar invertido. Por ser bastante hidrofílica e solúvel, a sacarose pode produzir soluções bastante concentradas, com isso, ela pode ser usada não só como adoçante, mas também como conservante e umectante.

Os oligossacarídeos, **rafinose** (sacarose + D-galactopiranosil) e **trealose** (sacarose + 2 unidades de D-galactopiranosil), encontrados no feijão, não são digeríveis pelas enzimas do intestino, eles são metabolizados por microrganismos, produzindo lactato e gases que causam diarreia, inchaço e flatulência.

As **ciclodextrinas** são oligossacarídeos cíclicos também chamados de dextrinas e cicloamiloses, compostas por unidades de α-D-glicopiranosil unidas por ligações 1→ 4, que podem ser formadas a partir de polímeros de amido solúvel. Sua aplicação em alimentos se deve à sua habilidade de formar complexos. Elas são usadas para complexar aromas, lipídeos e pigmentos, para compostos de sabor e odor indesejáveis, mascarando o sabor amargo, bem como para remoção de colesterol e ácidos graxos livres. Elas melhoram a estabilidade física dos ingredientes dos alimentos por encapsulação de voláteis e pela liberação controlada de sabores.

A **celobiose** pode ser encontrada como unidade estrutural de polímeros como a lignina e celulose. É um dissacarídeo redutor composto por duas moléculas de D-glicose ligadas por uma ligação β-glicosídica. A **xilobiose** é obtida, enzimaticamente, pela hidrólise parcial da xilana presente no sabugo de milho.

A amigdalina, um glicosídeo presente nas amêndoas de damasco, na maçã, na cereja, no pêssego, na ameixa e na nectarina, ao ser hidrolisado, origina a **gentiobiose**, um dissacarídeo formado como produto secundário na preparação comercial de glicose.

O polissacarídeo dextrano é formado por **isomaltose**, um dissacarídeo redutor constituído por duas unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas α 1→ 6, podendo ser hidrolisado pela maltase.

O poder edulcorante dos carboidratos é uma propriedade bem reconhecida, pois a grande maioria dos mono e oligossacarídeos apresentam sabor doce e se diferenciam pelo seu poder edulcorante. É possível determinar a intensidade do sabor doce por meio da medição do patamar de percepção do sabor ou por comparação com uma substância de referência. A sacarose, por ter um sabor agradável mesmo em altas concentrações, é usada como referência de doçura. Na Tabela 2.1, é possível observar o valor do poder edulcorante relativo (PE) de diversos açúcares (%, p/p). O valor arbitrário para o açúcar de referência, sacarose, é 100.

Tabela 2.1 | Poder edulcorante relativo (PE) de diversos açúcares (%, p/p) e poliálcoois* dissolvidos em água a 25 °C

AÇÚCAR / POLIÁLCOOIS	PODER EDULCORANTE (PE) EM SOLUÇÃO
β-D-frutose	100-175
Sacarose	100
α-D-glicose	40-79
α-D-galactose	27
α-D-manose	59
β-D-manose	Amargo
β-D-lactose	48
β-D-maltose	46-32
Rafinose	23
Xilitol*	90
Sorbitol*	63
Maltitol*	68

Fonte: Ordónez (2005, p. 66).

Reflita

Agora que você já conhece as características dos carboidratos, reflita, com seu professor e turma, sobre os seguintes itens:

Um indivíduo com intolerância à lactose não pode de maneira alguma ingerir leite e derivados? Existem alternativas para ele?

Será possível ingerir feijão e não sofrer com os efeitos deletérios provocados pela sua ingestão? O que fazer para evitar a flatulência, o inchaço e a diarreia, causados pelos oligossacarídeos presentes no feijão?

Quando é possível substituir o açúcar de mesa por outros açúcares?

O açúcar está realmente envolvido com o aumento de doenças crônicas, tais como diabetes, obesidade, cárie, hipertensão, dentre outras?

Pesquise mais

Para completar seu aprendizado sobre os carboidratos, acesse os links indicados a seguir:

WILMO, E. F. J. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. **Química Nova na Escola**, nº 29, ago. 2008. Disponível em: <https://goo.gl/Q9dpd3>. Acesso em: 23 nov. 2017.

POLIÓIS: aplicação e metabolismo. **Aditivos e ingredientes**, 15 jun. 2017. Disponível em: <https://goo.gl/M7Tscd>. Acesso em: 23 nov. 2017.

Saiba mais sobre a classificação e as propriedades físicas e químicas dos caramelos, bem como suas aplicações em alimentos, por meio do link a seguir:

CARAMELO em pó e líquido. **Aditivos ingredientes**, 31 out. 2016. Disponível em: <https://goo.gl/iQJj1c>. Acesso em: 23 nov. 2017.

Sem medo de errar

O processamento de alimentos exige um conhecimento profundo de seus componentes e da quantidade desses nutrientes presentes durante a elaboração e o armazenamento. Maurício começou a pesquisar e verificou que o aquecimento de alimentos ricos em carboidratos e proteínas contribuía para a reação de escurecimento não enzimático e que, dependendo do alimento e das condições de processo, havia a formação de acrilamida e nitrosaminas, substâncias tóxicas que podem estar envolvidas com o aparecimento de algumas doenças e alguns cânceres. Como alternativa de processo, Maurício começou a usar diferentes métodos, e verificou que é possível minimizar os efeitos deletérios das reações indesejáveis combinando metodologias. Uma delas, o cozimento com micro-ondas, pareceu interessante, pois a energia de micro-ondas converte-se em calor ao ser absorvida pela matéria. Na utilização desse aparelho, o aumento da temperatura é rápido, quatro vezes mais do que o do cozimento convencional, e isso é importante para a indústria, pois o volume da produção aumenta e com necessidade de um menor espaço de processamento. O aquecimento é mais uniforme, pois a diferença de temperatura entre a superfície e o centro do alimento é muito menor. As perdas de energia são menores porque toda energia é usada para aquecer o alimento. É possível ajustar a potência do equipamento eletronicamente em fração de segundos. Os produtos aquecidos por esse processo não apresentam escurecimento não enzimático nem formação de crosta superficial. Como a velocidade

de geração de calor é muito rápida, a temperatura da superfície não ultrapassa o ponto de ebulição; isso é interessante do ponto de vista sensorial, pois o controle da temperatura é fundamental para o desenvolvimento de sabores e aromas.

Quando Maurício trabalhou com massas, cebolas e arroz, ele percebeu que, aliando a desidratação por métodos convencionais com o uso de micro-ondas, a velocidade de degradação dos açúcares nos produtos processados diminuiu consideravelmente, originando produtos superiores tanto nas suas características sensoriais quanto no valor nutricional.

Já em alimentos assados por micro-ondas, pelo fato de não produzir crosta e escurecimento superficial, é necessário que seja aplicado calor com radiação infravermelha, o que por controle do procedimento minimiza os processos de degradação dos açúcares.

As degradações dos açúcares, presentes principalmente nas frutas, tornaram necessário que Maurício buscasse alternativa para os processos de esterilização desses alimentos. Seus produtos precisavam ser esterilizados para garantir uma maior vida de prateleira, porém sem causar alteração sensorial. Nesse caso, o aquecimento ôhmico foi um método eficaz.

Durante o desenvolvimento de um alimento à base de frutas para diabéticos, Maurício percebeu a necessidade de utilizar processamentos que inibissem o amadurecimento sem causar perdas na textura. Ele observou que, utilizando frutas que foram irradiadas, eles tinham seu metabolismo cessado e, consequentemente, havia a manutenção dos oligossacarídeos ao invés da presença de monossacarídeos, os quais, de certa forma, são prejudiciais aos portadores de diabetes.

Ao conservar as massas por congelamento foi observada perda de textura, isso se deve porque os monossacarídeos de baixo peso molecular formam estruturas amorfas devido à formação de cristais de gelo, e progressivamente a água do sistema é eliminada. Assim, para o congelamento de massas, deve-se estabelecer o melhor método de congelamento a fim de que suas propriedades sensoriais, após o descongelamento, não sejam perdidas.

Geralmente, alimentos evaporados apresentam mudanças de coloração, tornando-se mais escuros devido ao escurecimento não enzimático, o que se deve ao aumento da concentração de sólidos, diminuindo a atividade de água.

Quando o alimento líquido é submetido ao processo de atomização, ou seja, quando suas partículas são subdivididas em pequenas gotas de tamanho uniforme, é necessário a utilização de compostos tensoativos, ou seja, moléculas que contêm uma porção hidrofílica e outra hidrofóbica, interpondo-se na interfase óleo-água. Para esse caso, Maurício usou glicerídeos como constituintes de seu produto, de modo que foi possível submeter a bebida láctea ao processo de atomização.

Vale salientar que é possível também adicionar determinados tipos de açúcares com o intuito de incrementar e melhorar as características dos alimentos. No caso, além de conferir o sabor doce e uma refrescância, a sacarose pode ser substituída pelo xilitol em diversas preparações, pois não é metabolizada pelas bactérias da boca e não causa cárie. Sorbitol, manitol e outros açúcares álcoois apresentam, além da doçura, propriedades que os fazem excelentes substitutos do açúcar de mesa.

Avançando na prática

Leite quente não faz mal a ninguém!

Descrição da situação-problema

Mariana é nutricionista há mais de 10 anos e ultimamente tem percebido um aumento do número de pacientes os quais reclamam que, após ingerir laticínios, principalmente o leite puro e sorvetes, sentem desconfortos abdominais, chegando ao ponto de precisarem evitar totalmente esses alimentos. O que Mariana pode sugerir aos seus pacientes? É possível que eles voltem a consumir esse tipo de alimento sem transtornos gástricos?

Resolução da situação-problema

Ao conversar com os pacientes, Mariana explica o que acontece no organismo do indivíduo quando ele ingere a lactose e o porquê do desconforto. Ao se alimentar de produtos lácteos não fermentados,

como o leite e o sorvete, o indivíduo ingere a lactose, que tem a função de estimular a absorção intestinal e a retenção de cálcio. A lactase está presente nas membranas das microvilosidades das células epiteliais do intestino delgado nas quais a lactose será digerida. Quando a lactase hidrolisa a lactose em D-glicose e D-galactose, elas são rapidamente absorvidas, entrando na corrente sanguínea. Se a lactose for hidrolisada parcialmente ou se não houver hidrólise, ela ficará no lúmen do intestino delgado e, portanto, tenderá a atrair fluidos por osmose produzindo distensão abdominal e cólicas; então é identificado que o indivíduo tem intolerância à lactose. No intestino grosso, a lactose é fermentada por bactérias que produzem ácido lático e outros ácidos de cadeia curta, o acúmulo dessas moléculas aumenta a pressão osmótica, resultando em aumento de retenção de líquidos. Além disso, os produtos ácidos da fermentação abaixam o pH e irritam a superfície do colo, acarretando aumento da movimentação do conteúdo intestinal. Inchaço e cólicas são os resultados do acúmulo dos produtos gasosos oriundos da fermentação. E por que isso acontece? Mariana explica aos seus pacientes que o grau de intolerância à lactose varia entre os indivíduos porque está relacionado à genética. Para que seus pacientes se sintam mais confortáveis, ela sugere que eles escolham uma maneira de superar os efeitos dessa deficiência. A sugestão é dar preferência à ingestão de produtos fermentados, pois esse processo degrada a lactose do alimento, ou ingerir produtos que sejam elaborados com leite ou até mesmo o próprio leite com baixo teor de lactose, o que pode ser obtido pela adição de lactase a esses produtos, ou ainda consumir a enzima β-galactosidase com produtos lácteos. Dessa forma, o paciente escolherá qual estratégia adotará para que ele não apresente os sintomas da intolerância.

Faça valer a pena

1. Praticamente todo alimento contém carboidratos naturais ou adicionados por causa do seu efeito sobre a atividade de água e sabor dos alimentos. Além disso, alguns carboidratos são importantes também porque constituem a base da dieta de muitos povos pela sua abundância, seu preço e seu valor energético. Nos alimentos, duas transformações químicas, envolvendo carboidratos que ocorrem frequentemente, são: reação de Maillard com degradação de Streker e a caramelização. Sobre essas reações, analise as assertivas a seguir.

I. A reação de Maillard é uma reação que ocorre entre aminoácidos e açúcares redutores. A reação de caramelização não precisa de aminoácidos e ocorre entre açúcares redutores e não redutores.

II. Na reação de Maillard e na caramelização são obtidos os compostos escuros e de alto peso molecular. Na reação de caramelização, os polímeros apresentam nitrogênio na molécula e se chamam melanoidinas.

III. Quando a transformação ocorre por causa da reação de Maillard, formam-se produtos voláteis responsáveis pelo cheiro característico e que provêm em grande parte da degradação de Strecker.

IV. Em pH ácido há um aumento da velocidade da reação de Maillard, enquanto em pH alcalino há uma menor velocidade da reação devido à menor degradação dos carboidratos, sendo que a velocidade da reação é máxima em pH próximo da neutralidade.

V. A reação de Maillard e a caramelização provocam perdas de aminoácidos e de açúcares no café, no cacau e no amendoim após a torrefação, assim como essas reações influenciam o aparecimento do aroma e sabor desses produtos.

Após analisar as assertivas apresentadas, assinale a alternativa correspondente àquelas que estão corretas.

a) I, III e V.
b) III, IV e V.
c) I, II e III.
d) II, IV e V.
e) I, II e V.

2. Capacidade de adsorção de água ou_____ devido à presença de grupos hidroxila que se ligam à água por _____. Quando um monossacarídeo tem uma mudança na rotação ótica, pode-se afirmar que ele sofreu uma _____. Quando a viscosidade é alta o suficiente para impedir que o açúcar cristalize, pode-se dizer que ele está no_____. Quando ocorre a mudança no desvio da luz polarizada de uma solução de sacarose quando ela é hidrolisada, usa-se o termo _____.

Sobre os carboidratos, assinale a alternativa que completa corretamente o parágrafo anterior.

a) solubilidade, pontes de hidrogênio, inversão, estado vítreo, mutarrotação.
b) hidrofobicidade, ligação iônica, hidrólise, estado amorfo, inversão.
c) higroscopicidade, pontes de hidrogênio, mutarrotação, estado vítreo, inversão.
d) solubilidade, atração iônica, inversão, estado amorfo, mutarrotação.
e) higroscopicidade, ligação iônica, hidrólise, estado transitório, inversão.

3. Em relação aos oligossacarídeos, analise as afirmativas a seguir e assinale V, para verdadeiro, e F, para falso.

( ) A caramelização é uma reação de degradação de carboidratos que ocorre por aquecimento em torno de 100 °C, na presença de compostos nitrogenados, formando caramelo como produto final da reação.

( ) A sacarose, açúcar de mesa, é encontrada principalmente na cana-de-açúcar e na beterraba e é composta por uma unidade de α-D-glicopiranosil e uma unidade de β-D-frutofuranosil, unidas com as extremidades redutoras. Com isso, a sacarose é classificada como um açúcar redutor.

( ) A lactose, um dissacarídeo encontrado no leite, é formada por uma molécula de glicose e uma molécula de galactose. A enzima lactase, presente no intestino delgado, hidrolisa a lactose em seus monossacarídeos constituintes.

( ) O caramelo de classe IV é chamado de sufito-amônio, é marrom e preparado na presença tanto de íons amônio quanto de sulfito, e pode ser usado em refrigerantes à base de cola e outras bebidas ácidas, xaropes, temperos secos, assados, doces e rações.

( ) Os oligossacarídeos, rafinose (sacarose + D-galactopiranosil) e trealose (sacarose + 2 unidades de D-galactopiranosil), encontrados no feijão, não são digeríveis pelas enzimas do intestino, eles são metabolizados por microrganismos, produzindo lactato e gases que causam diarreia, inchaço e flatulência.

( ) A estrutura dos monossacarídeos é cíclica, ou seja, a carbonila está combinada com uma das hidroxilas da mesma molécula por meio de uma ligação ponte de hidrogênio.

Após análise das afirmativas, assinale a alternativa que contenha a sequência correta de V (verdadeiro) e F (falso).

a) F, V, V, V, F, F.
b) V, V, F, V, V, F.
c) F, V, V, F, F, V.
d) V, F, F, V, V, F.
e) F, F, V, V, V, F.

Seção 2.3

Polissacarídeos dos alimentos

Diálogo aberto

A indústria de alimentos lança mão de diversas alternativas para tornar seus produtos mais atrativos e, principalmente, com uma longa vida de prateleira, mas mantendo o frescor e as características nutricionais dos alimentos da melhor qualidade possível. Amido, celulose, pectina, gomas e hidrocoloides são exemplos de polissacarídeos usados na indústria de alimentos, os quais podem ser usados na sua forma nativa ou modificados quimicamente.

Jorge, nutricionista, utiliza as propriedades dos polissacarídeos para resolver os diversos problemas encontrados durante o processamento dos alimentos em relação à viscosidade, à textura, ao fluxo de produtos líquidos, à aparência, à consistência, à estabilidade ao armazenamento, às questões da coloração e à estabilização de emulsões, dentre outros. Quais propriedades das gomas são mais utilizadas por Jorge no desenvolvimento dos produtos para fins especiais? Quais propriedades se encaixarão na perspectiva de melhorar, criar e até mesmo desenvolver os produtos alimentares? Quais são as principais características das gomas? Onde aplicá-las? Como escolher uma determinada goma ideal para seu produto? Como alterar e controlar a textura, a aparência, a consistência e a estabilidade no armazenamento? De que forma é possível reter a umidade ou inibi-la para produzir uma textura lisa ou gomosa? Como estabilizar emulsões e formar filmes resistentes ao óleo? É possível desenvolver coberturas leves e crocantes? Como resolver os problemas como envelhecimento do pão? E em relação à formação de precipitados em sopas e molhos com perdas da viscosidade? Por que isso acontece e o que fazer para evitar? Na verdade, essas perguntas sugerem um estudo bastante detalhado das possibilidades de aplicação e utilização de polissacarídeos, em especial, do amido, que, por ser um polissacarídeo com um custo relativamente baixo, é o polissacarídeo escolhido com preferência pelas indústrias alimentícias como ingrediente e como melhorador das propriedades físicas, químicas e sensoriais de produtos alimentícios.

Não pode faltar

Os polissacarídeos são macromoléculas de alto peso molecular, formadas pela condensação de monossacarídeos ou seus derivados unidos entre si por ligações glicosídicas. Podem ser de cadeia ramificada, linear e cíclica. A classificação dos polissacarídeos é dividida em homopolissacarídeos (homoglicanas), quando são formados por um único tipo de monossacarídeo, e heteropolissacarídeo (heteroglicanas), quando são formados por diferentes monossacarídeos. Dentre as diversas propriedades dos polissacarídeos, sua capacidade de formar géis e soluções viscosas é a característica mais utilizada pela indústria de alimentos como agentes espessantes, gelificantes e estabilizantes de emulsões, além de serem usados para controlar a atividade de água de alimentos. Os polissacarídeos podem ser encontrados em animais, tubérculos, plantas aéreas, algas marinhas, sementes, cereais, exsudato de plantas, além de serem obtidos por processos fermentativos por meio da biotecnologia.

Eles modificam e controlam a mobilidade da água nos alimentos, pois apresentam a característica de se ligar com uma ou mais moléculas de água, influenciando e alterando as propriedades dos produtos alimentícios. Polissacarídeos solúveis em água ou modificados, usados em alimentos, são chamados de gomas ou hidrocoloides, e são comercializadas na forma de pó com variados tamanhos de partículas.

Um gel é uma rede tridimensional de moléculas que consegue fixar um grande volume de uma fase líquida como se fosse uma esponja. Em produtos alimentícios, a rede do gel é constituída por moléculas unidas por ligações iônicas, associação hidrofóbica (força de Van der Waals), ligações iônicas cruzadas ou ligações covalentes. Os géis são semissólidos viscoelásticos, ou seja, quando uma força é aplicada sobre ele, seu comportamento é descrito em parte como um sólido elástico e em parte como um líquido viscoso. Sobremesas gelificadas, musses gelatinosos, pedaços moldados de frutas, anéis de cebola moldados, análogos de carne para ração, geleias e gelatinas, e confeitos em forma de gomas, são alguns exemplos de géis de polissacarídeos.

Cada goma tende a ter uma propriedade que mais se destaca, por isso, a escolha da goma específica para uma determinada aplicação

depende de vários parâmetros que devem ser analisados de acordo com as necessidades do produto e da indústria.

O **amido** é um homopolissacarídeo constituído de unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas α (1-4) e α (1-6), que formam a cadeia linerar chamada amilose, e α (1-6), originando a cadeia ramificada chamada de amilopectina. Os amidos podem ser formados unicamente pela amilose ou pela amilopectina e, ainda, podem ser formados por essas duas moléculas associadas em diferentes proporções. A origem do amido, a espécie da planta e seu grau de maturação influenciam as diferentes proporções em que essas moléculas, amilose e amilopectina, aparecem formando o amido. Comercialmente, é possível obter o amido purificado a partir de mandioca, batata, turbérculos, raízes, arroz, aveia, batata-doce, trigo e milho.

A amilose é um polímero linear, formado por unidades de glicose, ligadas por ligações glicosídicas α-(1,4) e poucas ligações glicosídicas α-(1,6). Os amidos do milho, do arroz e da cevada são livres de amilose, e são chamados de cerosos, enquanto outros amidos apresentam uma composição com maior teor de amilose. Por ser em forma de aspiral, a molécula de amilose apresenta em seu interior átomos de hidrogênio tornando essa região predominantemente hidrofóbica e lipofílica; já na parte externa da hélice, há grupos hidroxilas posicionados de tal forma que é possível ocorrer a formação de complexos entre a amilose e lipídeos, e álcoois, e ácidos orgânicos, ou até mesmo a ocorrência de amilose livre. O iodo é usado para detectar a presença de amilose, pois ele reage no centro da hélice formando um complexo que origina uma coloração roxa aos produtos que contêm amido. A amilopectina é a fração mais importante porque ela é capaz de formar o grânulo de amido sozinha, está presente em todos os amidos e suas ramificações se apresentam na forma de duplas hélices.

Os grânulos de amido são formados de amilose e amilopectina ou uma mistura heterogênea dessas macromoléculas. O amido é encontrado nos vegetais em grânulos de diferentes tamanhos e formatos, como pode ser visto no item "Pesquise mais". Quando os alimentos são processados em condições normais de calor e umidade, os grânulos de amido incham rapidamente, pois ocorre uma ruptura de ordem molecular no interior do grânulo, alcançando um processo chamado de gelatinização. Cada tipo de amido apresenta uma faixa de temperatura na qual ocorre a ruptura das ligações intermoleculares

entre as cadeias de amilose e amilopectina, permitindo que haja a formação de pontes de hidrogênio entre as cadeias e as moléculas de água, que penetram entre elas fazendo com que os grãos de amido comecem a intumescer, pela entrada de grande quantidade de água.

Reflita

É possível alterar a característica de um gel de amido e melhorar suas propriedades para que ele se torne um aditivo alimentar e possa ser utilizado de modo mais aproveitável durante os processos de industrialização de alimentos?

Os polissacarídeos adicionados aos alimentos com o intuito de conferir uma determinada propriedade tecnológica podem ser aproveitados para incrementar a propriedade nutricional do alimento, servindo como fibra alimentar?

Quando os grânulos de amido são continuamente aquecidos em excesso de água, ocorre um inchaço maior do grânulo, gerando a formação de uma pasta de amido, que tem uma característica de ser uma dispersão com alta viscosidade chamada de goma.

Durante a obtenção da goma de amido, por agitação e aquecimento, o comportamento do amido muda. Quando o pico de viscosidade é alcançado, alguns grânulos são quebrados pela agitação e fragmentam-se, causando uma diminuição da viscosidade. Após o resfriamento, algumas moléculas de amido se associam parcialmente formando um precipitado ou gel. Normalmente, após o resfriamento, as soluções de amido diluídas e deixadas em repouso tendem a precipitar; isso ocorre porque formam ligações intermoleculares com a fração linear, gerando um fenômeno chamado retrogradação, que traz como consequência a liberação de moléculas de água que estavam ligadas às cadeias de amilose, sendo esse fenômeno chamado de sinérese. As características dos géis formados e a taxa de retrogradação dependem da temperatura; da concentração de amido; de açúcares; de proteínas; de gorduras; de ácidos; da água; da razão molecular entre a amilose e amilopectina; da estrutura das moléculas de amilose e da amilopectina; como também da presença de surfactantes e sais, pois todos esses ingredientes podem reagir com o amido, retardando ou impedindo sua

gelatinização e interferindo na retrogradação. Para gerar melhores resultados em sua utilização, o amido normalmente é modificado por processos químicos ou físicos. A utilização de processos químicos origina produtos com ligações cruzadas, estabilizados, oxidados e despolimerizados. As mudanças físicas originam amidos solúveis em água fria por terem sido pré-gelatinizados, ou seja, cozidos e secos. Com relação aos amidos dispersáveis em água fria, estes são modificados, incham intensamente em água fria e podem ser classificados como amidos instantâneos, utilizados no processamento de alimentos como ingredientes e aditivos, com uma função específica para cada produto.

A **celulose** é um componente estrutural principal da parede celular de vegetais, encontrada juntamente com outros polissacarídeos, como a hemicelulose e a lignina. A celulose é um homopolímero linear, insolúvel, de alta massa molecular, constituído de unidades repetidas de β-D-glicopiranosil, unidas por ligações glicosídicas (1→4), que originam uma estrutura plana em forma de fita. As moléculas de celulose se associam umas às outras por meio de ligações por pontes de hidrogênio, produzindo estruturas cristalinas rígidas. A celulose e suas formas modificadas servem como fibra dietética porque não são digeridas e podem ser usadas como agentes não metabolizáveis em alimentos dietéticos de baixa caloria. A celulose microcristalina (MCC) é produzida a partir da hidrólise parcial da celulose, cuja principal característica é sua estabilidade ao calor e aos ácidos; ela pode ser utilizada como transportador de aromas e agente antiendurecimento de queijo ralado; para a estabilização de emulsões e espumas; para dar estabilidade ao aquecimento quando misturados com géis de amido e pectina; substituindo gordura e óleos em produtos como molhos para salada e sorvetes; e como controle do crescimento de cristais de gelo. A carboximetilcelulose (CMC) é obtida pelo tratamento da polpa de madeira com hidróxido de sódio 18%. A CMC é utilizada para aumentar a viscosidade dos alimentos, pois forma soluções estáveis em pH de 5-10. Por não ser tóxica, é muito utilizada como ligantes e espessantes em recheios de tortas, pudins, flãs, sorvetes e massas. A metilcelulose (MC) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) são solúveis em água fria e podem ser usados para reduzir a quantidade de gordura em

alimentos, além de estabilizar emulsões e espumas.

As **pectinas** são encontradas nas paredes celulares e nas camadas intercelulares de todas as plantas, sua estrutura é uma cadeia linear de unidades de ácido α-D-galactopiranosilurônico unidas por ligações 1→4 com presença de L-ramnose. A pectina comercial é obtida da casca de frutas cítricas, principalmente limão e lima, e do bagaço da maçã. Elas apresentam mais da metade dos grupos carboxílicos sob a forma de éster metílicos e são classificadas como pectinas de alto teor de metoxila (HM ou ATM), gelificando quando há ácido e açúcar em quantidade suficiente, pois nessas condições elas perdem suas cargas e sua hidratação, permitindo que as moléculas poliméricas se associem formando um gel. Preparações de pectinas que apresentem menos da metade dos grupos carboxila sob a forma éster metílico são chamadas de pectinas de baixo grau de metoxilação (LM ou BTM), elas gelificam apenas na presença de cátions divalentes, ou seja, não precisam de açúcar para formar gel, permitindo que sejam usadas para a produção de geleias e marmeladas com baixo teor de açúcar.

As gomas **guar** e **locuste** (LBG) são obtidas pela moagem do endosperma de sementes e são utilizadas como espessantes. Ambas são galactomananas com propriedades físicas diferentes, mas que produzem soluções com alta viscosidade. São usadas em sorvetes, produtos lácteos e sobremesas congeladas, além de serem bastante utilizadas juntas ou com outras gomas alimentícias, como a CMC, carragenana e xantana.

A bactéria *Xanthomonas campestris* produz, por fermentação, um polissacarídeo denominado **xantana**. Essa goma é solúvel tanto em água quente quanto em água fria; produz alta viscosidade em baixas concentrações; mantém sua viscosidade em temperaturas de 0-100ºC; é solúvel e estável em soluções ácidas; é excelente estabilizador de suspensões e emulsões; e confere estabilidade ao congelamento e descongelamento de produtos. É usada para molho de saladas, calda de chocolate, molhos de baixa caloria sem óleos e molhos com óleos.

Carragenanas são polissacarídeos, galactanas sulfatadas, obtidas de uma mistura de espécies de algas vermelhas. O ágar e

a furcelarana são oriundas de algas vermelhas com propriedades parecidas com as carragenanas e são usadas principalmente em mistura de massas. As carragenanas comerciais contêm três tipos principais (kappa, iota e lambda), dissolvem-se em água formando soluções bastante viscosas. É um polissacarídeo que tem uma capacidade de formar gel com leite e com água, ampliando sua aplicação. Essa propriedade é utilizada na preparação de sorvetes, leite evaporado, fórmulas infantis, creme batido, dentre outros. Apenas 0,25% dessa goma é capaz de espessar uma preparação de leite com chocolate, sem precipitar partículas de cacau. Esses géis são estáveis ao congelamento e descongelamento e ainda não necessitam de refrigeração. A carragenana é usada para que fiambres e presuntos de aves resfriadas absorvam mais salmoura, bem como barreira mecânica de proteção e veículos para temperos e aromas em carnes. Além disso, são acrescentadas na produção de substitutos de carnes feitos de caseína e proteínas vegetais. A carragenana melhora a retenção de água em salsichas durante o cozimento e, se adicionada à carne bovina moída de baixo teor de gordura, mantém a maciez, melhora a textura e a qualidade do hambúrguer.

Os **alginatos**, obtidos de algas marrons, são altamente viscosos em baixas concentrações. Os géis de alginatos são termoestáveis, apresentam pouca ou nenhuma sinérese, não são termorreversíveis e não necessitam de refrigeração, podendo ser usados como géis de sobremesas. Os alginatos de propileno glicol apresentam propriedades espumantes, emulsificantes e estabilizadores de emulsão.

A **goma gelana**, produzida pela bactéria *Sphingomonas elodea*, é um polissacarídeo extracelular. É usada em massas cozidas e na formulação de barras nutricionais devido à sua capacidade de reter a umidade. Já como ingredientes de bebidas nutricionais e dietéticas, ela é usada pela capacidade de suas soluções permanecerem suspensas em baixas concentrações.

Algumas plantas, quando sofrem injúrias, excretam uma seiva como proteção. A **goma arábica** (goma acácia), **goma *Karaya*** e **goma *ghatti*** são exsudatos de árvores e a goma tragacante é um exsudato de um arbusto. Atualmente, a goma alimentícia de exsudatos mais usada é a goma arábica, empregada como

agente emulsificante de óleos cítricos, além de ser um excelente estabilizador de aromas artificiais usados como concentrados para refrigerantes e para emulsões em panificação. Os pós flavorizantes estabilizados com a goma arábica são utilizados em produtos secos empacotados, como bolos, bebidas, sobremesas, pudins e mistura para sopas. Também usada na produção de caramelo, balas de gomas e pastilhas por sua compatibilidade com altas concentrações de açúcar, pois ela previne a cristalização da sacarose, além de emulsificar e distribuir os componentes de gordura.

A **inulina** é um carboidrato encontrado no alho, na cebola, em aspargos e na banana, sendo comercialmente extraída da raiz de chicória (*Chichorium intybus*). Os géis de inulina apresentam textura cremosa semelhante à gordura, por isso, ela pode ser usada em produtos com baixo teor de gordura. Ela melhora a textura e a sensação bucal de sorvetes e molhos, além de ser usada como ingrediente em refeições, lanches, barras nutricionais, barras energéticas para esportes, bebidas à base de soja e hambúrgueres vegetais. Como não é digerida enzimaticamente, a inulina faz parte da fibra dietética, substâncias nutricionalmente importantes por não aumentarem os níveis sanguíneos de glicose e de insulina.

Os polissacarídeos podem ser digeríveis, como os derivados do amido, parcialmente digeríveis, como os amidos resistentes, e não digeríveis, como a celulose e a lignina, que são classificados como fibras dietéticas.

Assimile

A capacidade de formar géis e soluções viscosas são as características dos polissacarídeos mais utilizadas pela indústria de alimentos, aplicando-os como agentes espessantes, geleificantes e estabilizantes de emulsões. Atualmente, os polissacarídeos mais utilizados são os amidos, os amidos modificados, a celulose e seus derivados, as pectinas, a goma guar e a locuste, as carragenanas, a inulina, a goma arábica (goma acácia), a goma *Karaya*, a goma *ghatti*, a goma tragacante, os alginatos e a goma gelana. Cada goma contribui com suas características peculiares que as tornam ingredientes indispensáveis no desenvolvimento de alimentos industrializados de excelente qualidade.

Exemplificando

Quadro 2.1 | Intervalo de temperatura de gelatinização de alguns amidos

Fontes de amido	Temperatura de gelatinização (°C)
Amido de milho comum	62-80
Amido de milho com alta amilose	66-170
Amido de batata	58-65
Amido de tapioca	52-65
Amido de trigo	52-85

Fonte: adaptado de Damodaran, Parkin e Fennema (2010, p. 106).

Pesquise mais

Agora que você já aprendeu sobre os polissacarídeos, acesse os links indicados a seguir para maior compreensão e aprofundamento no assunto:

- LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 579-588, jul./set. 2007. Disponível em: <https://goo.gl/3fwtMM>. Acesso em: 28 nov. 2017.
- Este vídeo mostra a reação de iodo com o amido e algumas imagens de grânulos de amido de batata ao microscópio. AMIDO a reserva dos vegetais. Disponível em: <https://goo.gl/Zb7myb>. Acesso em: 28 nov. 2017.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

O Capítulo 3 (páginas 113 a 117) explica detalhadamente as reações químicas e físicas usadas para a produção de amidos modificados. Além disso, na página 109, é possível ver um gráfico que ilustra a curva representativa de cozimento/gelatinização que mostra as mudanças de viscosidade relacionadas ao intumescimento dos grânulos de amido.

Sem medo de errar

A resposta aos questionamentos apresentados no início da seção é uma só: utilizar o amido! Mas Jorge sabe que os amidos nativos têm

uso limitado na indústria de alimentos, pois intumescem rapidamente e se rompem, perdem a viscosidade e produzem uma pasta pouco espessa, gomosa e coesiva, além de produzir géis indesejáveis quando são resfriados. Com isso, torna-se inviável sua utilização para resolver os problemas que aparecem durante o processamento. Quando o amido é nativo, fica muito difícil, em nível industrial, de controlar o ajuste da temperatura da viscosidade final, causando um problema de excesso ou insuficiência de cozimento. O amido nativo é propenso à retrogradação, um dos fenômenos responsáveis pelo envelhecimento do pão e diminuição da sua vida de prateleira. Por todas essas questões, Jorge começou a pesquisar sobre os amidos modificados, os quais são obtidos por alteração química, física e enzimática de amidos nativos. Para ser aplicado industrialmente, os amidos devem passar por mudanças em suas características originais, de modo que seja possível utilizá-los e adequá-los em diferentes situações de processamento. Amidos modificados podem aumentar a estabilidade, melhorar o brilho, incrementar a sensação ao paladar, melhorar o espessamento, gelificar e ainda podem interferir na transparência do gel formado. Além dessas características, os amidos modificados são capazes de suportar melhor as condições adversas em temperaturas, acidez e deformação. Quando um amido é modificado, ele adquire propriedades que podem ser utilizadas em diferentes tipos de alimentos, para isso, devem ser feitos experimentos durante o desenvolvimento dos produtos de modo que possa ser feita a melhor escolha.

Qualquer amido pode ser modificado, mas as modificações são feitas principalmente no milho normal, no milho ceroso, no amido de batata e com menor frequência no amido de mandioca e de trigo. Como essas modificações são feitas? Quais são os amidos aprovados e utilizados pela indústria alimentícia?

Amidos estabilizados: são éteres ou ésteres de amido. O resultado desse processo é um amido que poderá ser congelado e descongelado, sem que ocorra sinérese, tornando-os essenciais à indústria de alimentos congelados. Amidos estabilizados devem ser usados em molhos e caldos enlatados estocados a baixas temperaturas para que mantenham a qualidade. Os amidos estabilizados apresentam uma menor temperatura de gelatinização e de formação de massa, assim como uma tendência reduzida à retrogradação, originando géis mais estáveis. São usados em alimento em que há necessidade

de estabilização de emulsão, como no caso de bebidas aromatizadas. A estabilização do amido produz uma sensação sensorial igual à da gordura, por isso, ele pode ser usado para substituir parcialmente a gordura em alguns alimentos. Amidos claros e que não retrogradam podem ser obtidos por esse processo.

Amidos com ligações cruzadas: são obtidos pela incorporação de fosfatos e ácido adípico. Esse tipo de reação, que origina ligações cruzadas, é importante, pois permite que o amido tolere o aquecimento, a agitação mecânica e a acidez sem alterações estruturais, além disso, amidos com ligações cruzadas permitem, durante o processamento, a utilização de temperaturas mais altas para a gelatinização e formação de pastas. Esses amidos são mais estáveis a pH ácido, produzindo pastas mais viscosas e mais resistentes à deformação. Mesmo se cozidos por um longo período de tempo, os amidos com ligações cruzadas se degradam menos quando há necessidade de agitação durante o processamento. Com todas essas mudanças positivas nas propriedades do amido, é possível ter um melhor controle durante a formulação dos produtos alimentícios, assim como é possível observar uma maior vida de prateleira desses alimentos.

Amidos com ligação cruzada são usados em sopas enlatadas, molhos, pudins e misturas para massas. Amidos com ligações cruzadas, utilizados em recheios de tortas, manterão sua forma ao serem cortados.

Amidos oxidados: produzem géis mais moles e menos viscosos, sendo usados para melhorar a adesão das massas de empanados de peixe e de carne e na panificação.

Amidos modificados para cocção rápida são obtidos pela reação com ácidos. Suas aplicações são principalmente como formadores de filmes e adesivos em produtos, como frutas carameladas, doces, em balas de goma, jujubas e em bolinhos de queijo processado.

Amidos pré-gelatinizados: são usados em alimentos pré-preparados ou quando os produtos alimentícios são solúveis ou dispersíveis em água fria ou quente sem aquecimento. O uso de amido pré-gelificado é feito principalmente em produtos de panificação e confeitaria, em sopas, cremes e sobremesas instantâneas, como pudins. Amidos que incham intensamente em água fria são utilizados em sobremesas e

misturas para massa de bolo que contenham sólidos, por exemplo, frutas, que iriam para o fundo antes que a massa adquirisse consistência pelo aquecimento.

Amidos modificados utilizados na indústria são produzidos pela combinação de dois, três e até de quatro métodos, permitindo uma maior oferta no mercado; por exemplo, os amidos que simultaneamente apresentam poucas ligações cruzadas e são pré-gelatinizados, podem ser utilizados em sopas instantâneas, cobertura de pizzas, cereais matinais e aperitivos extrusados. Outro exemplo são os amidos que são simultaneamente estabilizados e que apresentam ligações cruzadas e que podem ser usados em alimentos enlatados, congelados, assados e desidratados.

Com todas essas informações, Jorge deverá ser capaz de adequar as diferentes características dos amidos, com sua necessidade, para que o produto alimentício tenha seu desenvolvimento com as propriedades esperadas.

Avançando na prática

Doce sabor limão

Descrição da situação-problema

Pedro, nutricionista, trabalha no laboratório de análise e desenvolvimento de produtos alimentícios de uma pequena empresa que produz recheio para produtos de panificação. O produto que ele está desenvolvendo é uma formulação doce, sabor limão, feita à base de polissacarídeos. Em uma primeira etapa, os ingredientes são misturados e aquecidos e, após um ligeiro resfriamento, o recheio é aplicado ao alimento. Ele está com problemas na vida de prateleira do recheio, assim como para manter a sua viscosidade, pois, após algumas horas da aplicação, o recheio perde sua forma e escorre. Qual é a causa desse comportamento? É possível resolver essa questão sem alterar a formulação?

Resolução da situação-problema

O que pode ter ocorrido para que seu produto apresentasse esse defeito é a despolimerização do polissacarídeo usado durante

o processamento e/ou durante a estocagem do alimento. A hidrólise ácida ou enzimática da ligação glicosídica é a responsável pela despolimerização. A diminuição da viscosidade devido à despolimerização é por causa do pH, da temperatura, do tempo de cozimento e, principalmente, da estrutura do polissacarídeo. Os defeitos no alimento associados à despolimerização podem ser minimizados pela utilização de mais de uma goma na formulação ou usando uma goma mais estável às condições de processamento, no caso, aos ácidos e à temperatura de cozimento. Nesse caso, é necessário fazer uma nova formulação e testar diferentes possibilidades para que seja preservada a textura do alimento nas mesmas condições. Além disso, outro fator que pode contribuir para uma despolimerização é a ação de enzimas presentes na goma, pois elas não são comercializadas esterilizadas. Com isso, pode haver uma contaminação microbiana, que, através do seu metabolismo, libera enzimas capazes de degradar o polissacarídeo. Nesse caso, uma análise microbiológica poderia ser feita ou a troca por outro lote da goma utilizada. De qualquer forma, Pedro deve rever sua formulação e, com certeza, vale a pena testar outros tipos de gomas.

Faça valer a pena

1. A retrogradação do amido é um fenômeno que, quando ocorre, após o aquecimento, pode alterar a viscosidade do alimento. Esse fenômeno é responsável pelo processo de envelhecimento do pão, que é caracterizado pelo aumento da firmeza do miolo e pela perda do frescor, assim como acontece em outros produtos de padaria. A retrogradação também contribui para a formação de precipitados e perda de viscosidade em molhos.
Assinale a alternativa que explica o fenômeno de retrogradação que ocorre com o amido.

a) O resfriamento e repouso de soluções concentradas devido às interações moleculares, principalmente entre a amilose, com o aparecimento de sinérese, ou seja, liberação de água.

b) O resfriamento e repouso de soluções diluídas devido às interações moleculares, principalmente entre a amilose, com o aparecimento de sinérese, que corresponde à liberação de água.

c) O resfriamento e repouso de soluções diluídas devido às interações moleculares entre a amilopectina com o aparecimento de sinérese, ou seja, liberação de água.

d) O resfriamento e repouso de soluções concentradas devido às

interações moleculares entre a amilopectina com o aparecimento de sinérese, ou seja, reabsorção de água.

e) O resfriamento e repouso de soluções diluídas devido às interações moleculares entre a amilose com reabsorção de água, ou seja, sinérese.

2. Em relação ao amido, analise as afirmativas a seguir:

( ) O polímero de glicose, amido, caracteriza-se por ser composto por duas macromoléculas, que apresentam estruturas diferentes. Amilose (cadeia linear do tipo α1,4) e amilopectina (cadeia ramificada do tipo α1,4 e α1,6).

( ) Amidos modificados são aqueles que sofreram modificação na sua estrutura química com o intuito de alterar suas propriedades. Os amidos pré-gelatinizados são exemplos desse tipo de produto, cuja característica principal é formar gel sem aquecimento.

( ) A proporção de amido e água é fundamental para formação de gel.

( ) Sinérese é um fenômeno que ocorre com o amido após a gelatinização e, por definição, significa a saída de água das malhas do gel.

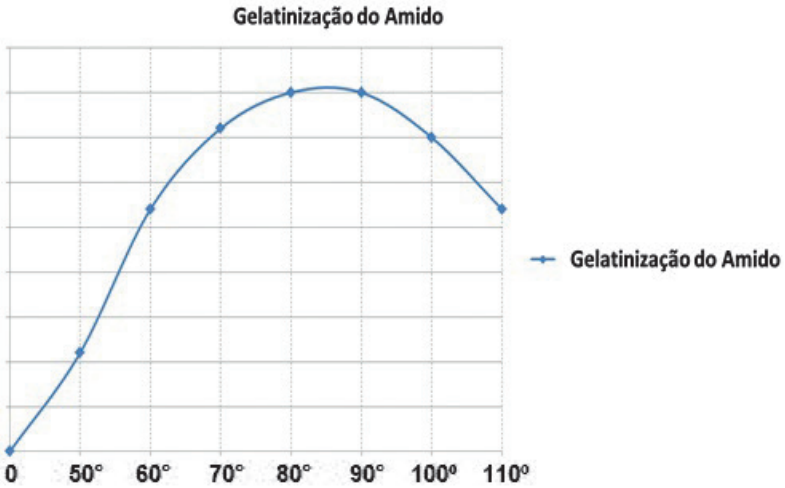
( ) Retrogradação é um fenômeno que ocorre com o amido em decorrência do resfriamento e repouso de soluções concentradas devido às interações moleculares, reaproximação, entre as cadeias de amilopectina com o aparecimento de sinérese.

( ) A presença de sais, ácidos e açúcares não interfere na formação do gel de amido.

Após a análise das afirmativas sobre o amido, assinale V, para verdadeiro, e F, para falso:

a) V, V, V, V, F, F.
b) V, V, V, V, V, F.
c) V, V, V, F, F, F.
d) V, V, F, F, F, V.
e) F, F, V, V, V, F.

3. Sobre o processo de gelatinização do amido, analise o gráfico a seguir, que corresponde ao processo de gelatinização do amido, em que no eixo Y estão os valores da viscosidade e no eixo X as temperaturas utilizadas para a formação do gel. Em seguida, leia as afirmativas correspondentes.



Fonte: elaborado pelo autor.

I. A molécula de amido em altas temperaturas e as pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, na presença de água, são rompidas e o grânulo de amido começa a intumescer, formando soluções viscosas ou gelatinizando.

II. As temperaturas de 60 °C a 70 °C são chamadas de temperaturas de gelatinização.

III. Ao ultrapassar a temperatura de gelatinização, o amido perde a propriedade de gelatinizar, originando um gel menos consistente.

Após análise do gráfico sobre gelatinização do amido e das afirmativas apresentadas, assinale a alternativa que contenha a resposta correta.

a) Apenas a afirmativa I está certa.
b) Apenas a afirmativa II está certa.
c) As afirmativas I e II estão certas.
d) As afirmativas II e III estão certas.
e) Apenas a afirmativa III está certa.

Referências

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos:** teoria e prática. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Ed. Varela, 1992.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Ed. Varela, 1992.

CARAMELO em pó e líquido. **Aditivos ingredientes**, 31 out. 2016.. Disponível em: <https://goo.gl/kgK3T5>. Acesso em: 24 nov. 2017.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1999.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DENARDINI, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, jun. 2009. Disponível em: <https://goo.gl/AVNRS6>. Acesso em: 28 nov. 2017.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, v. 27, n. 3, p. 579-588, jul./set. 2007. Disponível em: <https://goo.gl/KnZNwU>. Acesso em: 28 nov. 2017.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO (NEPA) – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP). **Tabela brasileira de composição de alimentos** - TACO. 4. ed. rev. e ampl. Campinas, SP: UNICAMP/NEPA, 2011. Disponível em: <https:// goo.gl/uByrfJ>. Acesso em: 7 nov. 2017.

ORDÓNEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**. Componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1.

POLIÓIS: aplicação e metabolismo. **Aditivos e ingredientes**, 15 jun. 2017. Disponível em: <https://goo.gl/gyNxvT>. Acesso em: 24 nov. 2017.

PONTOCIENCIA. Amido a reserva dos vegetais. Disponível em: <https://goo.gl/FS1PeM>. Acesso em: 31 jan. 2018. (**Vídeo do YouTube**)

VALENTINI, S. R. T.; CASTRO, M. F. P. M.; ALMEIDA, F. H. Determinação do teor de umidade de milho utilizando aparelho de microondas. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, v. 18, n. 2, maio/jul. 1998. Disponível em: <https://goo.gl/WeWmjT>. Acesso em: 7 nov. 2017.

WILMO, E. F. J. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. **Química Nova na Escola**, n. 29, ago. 2008. Disponível em: <https://goo.gl/6SKzT6>. Acesso em: 24 nov. 17.

Proteínas e lipídeos

Convite ao estudo

Prezado aluno, dando continuidade ao estudo dos constituintes químicos dos alimentos e como eles colaboram no processo tecnológico, nutricional e sensorial dos produtos acabados, estudaremos as proteínas dos alimentos, as enzimas e os lipídeos.

Nesta Unidade 3 você terá pleno domínio da competência técnica em compreender como as proteínas, enzimas e lipídeos e suas transformações influenciam no desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

Os objetivos desta unidade visam orientar sobre como é possível utilizar as propriedades específicas de cada componente e desenvolver alimentos de alta qualidade tecnológica, sensorial e funcional. Para compreendermos o assunto, atingirmos as competências e os objetivos da disciplina, segue situações que acontecem na indústria de alimentos para que você se aproxime dos conteúdos teóricos juntamente com a prática. Vamos lá!

Carne, ovos e leite são os alimentos de origem animal que mais representam as proteínas. Arroz, trigo, milho também são alimentos que possuem proteínas, mas qual a diferença química e funcional dessas proteínas de diferentes origens? Quais as possíveis aplicações no contexto tecnológico? Como Renato, nutricionista, poderá usar as características das diferentes proteínas para desenvolver alimentos com propriedades especiais? A Seção 3.1 responderá essas perguntas.

Quando observamos as alterações químicas, físicas e sensoriais que os alimentos sofrem ao longo do tempo, percebemos que independentemente do tipo e origem do alimento e da transformação, as enzimas são as estruturas químicas em evidência. José Pedro, engenheiro de alimentos, trabalha para controlar a ação das enzimas para que ele consiga obter alimentos transformados, ou produzir ingredientes melhorando e monitorando sua qualidade. Essas são algumas questões que serão abordadas na Seção 3.2 desta unidade.

Está rançoso! O que isso significa? Até as pessoas ficam rançosas em alguns momentos! Que reação é essa? Onde ela ocorre? Que constituinte químico sofre essa reação e quais as consequências do seu aparecimento? Mateus, que é biomédico, trabalha no controle de qualidade de óleos e gorduras e sempre luta para que seus produtos não rancifiquem. Como ele conseguirá? Quais as principais estratégias adotadas por ele para aumentar a vida de prateleira de alimentos gordurosos? A Seção 3.3 responderá essas perguntas.

No decorrer desta unidade de ensino entenderemos como se obtém alimentos com diferentes características e suas aplicações. Na Seção 3.1 abordaremos as propriedades funcionais das proteínas e suas aplicações na tecnologia de alimentos. Já na Seção 3.2 falaremos sobre os mecanismos de ação das enzimas nos alimentos e seu controle. Por fim, na Seção 3.3 discutiremos as principais reações de degradação dos lipídeos e suas consequências para a indústria de alimentos.

Seção 3.1

Proteínas dos alimentos

Diálogo aberto

Cada proteína possui uma sequência de aminoácidos que, juntamente com suas estruturas, são responsáveis por suas propriedades funcionais. Dependendo do objetivo e do tipo de alimento em desenvolvimento, Renato deve fazer a escolha mais adequada para conseguir um melhor aproveitamento em utilizar as proteínas e suas características. Para testar a eficiência de algumas proteínas em seus produtos, ele usou o colágeno, a gelatina, proteínas da soja e algumas gomas. No entanto, deu preferência ao uso do colágeno, pois é sabido que consumindo 10 g por dia de colágeno, sendo, 3 g de gelatina e 7 g de colágeno hidrolisado, o indivíduo tem o benefício contra doenças como a osteoartrite e osteoporose. Logo, fica a dúvida: será possível desenvolver alimentos que tenham essa proporção? O colágeno também está relacionado com a manutenção e reconstrução da pele, ossos e cartilagens. Então, quais alimentos podem ser desenvolvidos para essa finalidade? Quais os possíveis benefícios no consumo de colágeno hidrolisado? É possível desenvolver um alimento especial para idosos com os benefícios do colágeno?

Durante o desenvolvimento de molhos para salada e sobremesas geladas a maior dificuldade é a manutenção da estabilidade física dos produtos, pois se não for bem processado, haverá separação de fases. O que fazer para que isso não aconteça?

Em 2016, Renato trabalhou no desenvolvimento de barras de cerais diet que apresentassem também propriedades funcionais, mas encontrou dificuldades em manter a emulsão de modo que a aceitação de seu produto fosse boa. Quais as possibilidades encontradas?

Depois de vários estudos, Renato investiu nas propriedades dessa proteína promissora como ingrediente para a tecnologia de alimentos, o colágeno!

Para que você possa compreender e responder as dificuldades encontradas por Renato, vamos aos estudos, não deixe de acessar os links indicados, tirar suas dúvidas e discutir com os colegas!

Não pode faltar

As proteínas naturais são moléculas orgânicas constituídas por 21 aminoácidos diferentes, mas algumas não contêm essa totalidade. Os aminoácidos são divididos em: aminoácidos alifáticos (glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina e prolina), aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina, triptofano), aminoácidos básicos (lisina, arginina e histidina), aminoácidos ácidos (ácido aspártico e ácido glutâmico), aminoácidos com grupo amida (asparagina e glutamina), aminoácidos hidroxilados (serina e treonina) e aminoácidos sulfurados (cisteína, metionina e selenocisteína). Os aminoácidos podem ter um caráter ácido ou básico dependendo do pH da solução. Podem ser hidrofílicos ou hidrofóbicos dependendo da ionização das cadeias laterais. A hidrofobicidade dos resíduos de aminoácidos afeta as propriedades físico-químicas, a estrutura, a solubilidade e a capacidade de se ligar a lipídeos das proteínas. Os aminoácidos absorvem luz na região próximo do ultravioleta (250-300 nm) e, com isso, é possível controlar as alterações conformacionais das proteínas. Como os aminoácidos possuem grupos reativos, ou seja, são capazes de sofrer reações químicas, é possível alterar as propriedades hidrofílicas e hidrofóbicas, assim como as propriedades funcionais das proteínas.

Do ponto de vista nutricional, os aminoácidos podem ser classificados em essenciais, que são aqueles não produzidos pelo organismo humano e que devem ser consumidos na dieta e nos aminoácidos não essenciais que são aqueles produzidos pelo organismo humano. Proteínas de origem animal possuem todos os aminoácidos essenciais, enquanto que proteínas de origem vegetal possuem deficiência em um ou mais aminoácido essencial.

A ligação amida que liga os aminoácidos para formar as proteínas, contribui para a complexidade estrutural dessa molécula, produzindo formas estruturais tridimensionais que as deixam com propriedades únicas e com diferentes funções biológicas. Elas contêm carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e enxofre em diferentes proporções. Algumas proteínas contêm elementos adicionais, particularmente fósforo, ferro, zinco e cobre. Seu peso molecular é extremamente elevado e são encontradas em todas as células.

As diferentes proteínas são sintetizadas pela alteração da sequência de aminoácidos, do tipo e da proporção dos aminoácidos

e do comprimento da cadeia polipeptídica. Todas as proteínas produzidas biologicamente podem ser utilizadas como proteínas alimentares se: apresentarem fácil digestão, não serem tóxicas, serem nutricionalmente adequadas, funcionalmente utilizáveis em produtos alimentícios, serem disponíveis em abundância e cultiváveis por agricultura sustentável. As principais fontes de proteínas alimentares são as carnes, leite, ovos, cereais, leguminosas e oleaginosas.

As proteínas possuem estrutura primária, secundária, terciária e quaternária, que juntas, através do processo de dobramento das cadeias polipeptídicas por interações químicas (interações de van der Waals, pontes de hidrogênio, interações eletrostáticas, interações hidrofóbicas e pontes dissulfeto), mantém a conformação biológica nativa de uma proteína. Em sistemas alimentícios, os fatores ambientais como o pH, força iônica, temperatura, composição do solvente, dentre outros, afetam a estabilidade estrutural das proteínas levando-as a um processo de desnaturação, que consiste na mudança das estruturas proteicas, sem a quebra das ligações peptídicas da cadeia principal. A desnaturação proteica pode ser indesejável, quando a proteína perde sua solubilidade e alguma propriedade funcional, ou desejável, como por exemplo, quando a proteína se desnatura parcialmente na interface água-ar para a formação de espuma. A desnaturação parcial da proteína na interface água-óleo melhora as propriedades emulsificantes. A desnaturação térmica das proteínas de soja diminui sua propriedade emulsificante e de formação de espuma e, por outro lado, resulta na inativação de inibidores de tripsina e de lectinas. A desnaturação térmica melhora bastante a digestibilidade das proteínas de leguminosas. Já no caso de bebidas proteicas a desnaturação pode causar floculações e precipitação durante o armazenamento, pois a solubilidade da proteína diminui causando prejuízo sensorial ao produto.

Os fatores que afetam a desnaturação proteicas devem ser estudados, pois as proteínas passam por vários tipos de desnaturação durante o processamento dos alimentos, podendo afetar suas propriedades funcionais.

O calor usado no processamento e na preservação de alimentos proporciona variados graus de desnaturação proteica. Temperaturas baixas, em torno de 0° C, também podem provocar desnaturação induzida pelo frio, da mesma forma que o calor, ao afetar a estabilidade das interações moleculares. No entanto, esse

processo pode ser reversível quando a proteína for armazenada em temperatura ambiente, devido à reassociação e recuperação de sua atividade. O comportamento das proteínas em relação a estabilidade térmica está associado com sua composição de aminoácidos. Aditivos como sais e açúcares aumentam a termoestabilidade das proteínas contra a desnaturação térmica.

A pressão hidrostática é um agente desnaturante porque afeta a conformação da proteína quando é comprimida a pressão de 1-12 kbar. Altas pressões hidrostáticas são usadas para a inativação microbiana, uma vez que a pressão danifica irreversivelmente as membranas celulares dos micro-organismos. Já a gelificação induzida pela pressão pode ser aplicada na clara do ovo, em soluções de proteínas da soja a 16% e em solução de actomiosina a 3%. Uma grande vantagem em usar a pressão hidrostática no processamento de alimentos é que ela não causa danos aos aminoácidos essenciais, a cor natural e ao sabor, assim como não causa o desenvolvimento de compostos tóxicos.

O cisalhamento mecânico é um agente desnaturante gerado por agitação, amassamento, batimento, etc. A agitação, por exemplo, provoca incorporação de bolhas de ar e da adsorção de moléculas de proteínas na interface ar-líquido. Já a extrusão é um processo que envolve mistura de ingredientes sob alta velocidade e homogeneização contribuindo para a desnaturação da proteína.

O grau de desdobramento da molécula proteica é maior em valores extremos de pH alcalino do que em valores extremos de pH ácido. A desnaturação induzida pelo pH é, em sua maioria, reversível; no entanto, se ocorrer hidrólise parcial das ligações peptídicas, desaminações ou destruição de grupos sulfidril, pode resultar em desnaturação irreversível das proteínas.

O efeito do solvente orgânico em altas concentrações sobre as estruturas proteicas está relacionado com a solubilização das cadeias laterais dos aminoácidos não polares causando uma desnaturação. Eles também causam uma desestabilização das interações hidrofóbicas, das pontes de hidrogênio e das interações eletrostáticas de diferentes formas.

Quando um aditivo de baixo peso molecular, como a ureia,é adicionado a uma solução proteica, eles se ligam a superfície

da proteína causando uma desidratação e, consequentemente, uma desnaturação.

Detergentes, como o SDS (dodecil sulfato de sódio), são poderosos agentes desnaturantes, sua forte ligação com as proteínas faz com que a desnaturação seja irreversível.

Sais de fluoreto, cloreto e sulfato são estabilizadores estruturais, enquanto sais de outros ânions são desestabilizadores das estruturas proteicas, porque eles se ligam fortemente às proteínas e alteram suas propriedades de hidratação.

Alguns aspectos relevantes da desnaturação proteica estão relacionados a inativação térmica de microrganismos patogênicos e deterioradores de alimentos, de enzimas indesejáveis e de proteínas tóxicas ou antinutricionais. A digestibilidade, a biodisponibilidade e valor biológico das proteínas são, geralmente, melhoradas pela desnaturação. As propriedades funcionais das proteínas podem ser alteradas através da desnaturação.

As propriedades funcionais que uma proteína expressa está intimamente ligada a composição dos aminoácidos, ao tamanho e a conformação de suas moléculas. As propriedades físico-químicas de uma proteína têm um impacto na funcionalidade do alimento, pois podem modificar-se devido ao tratamento tecnológico ou pela sua interação com outros componentes dos alimentos, como lipídeos, açúcares, polissacarídeos e sais, alterando o comportamento funcional. As proteínas cooperam com alguns atributos sensoriais dos alimentos como, por exemplo, a viscoelasticidade da massa do glúten de trigo, a suculência dos produtos cárneos, a formação de coágulo de produtos lácteos e as proteínas da clara do ovo que estão relacionadas a estrutura de bolos e alguns produtos de sobremesa. A Tabela 3.1 lista alguns exemplos das propriedades funcionais de várias proteínas dos alimentos em diversos produtos alimentícios. Vale salientar que, proteínas de diferentes fontes (carne, leite e ovo) são misturadas e usadas em alimentos industrializados com o intuito de que elas sejam capazes de realizar diversas funções. A clara do ovo possui diversas funcionalidades como, por exemplo, gelificação, emulsificação, formação de espuma, ligação com água e coagulação pelo calor, tornando essa proteína altamente desejável para muitos alimentos.

Tabela 3.1 | Funções das proteínas alimentares

FUNÇÃO	MECANISMO	ALIMENTO	TIPO DE PROTEÍNA
Solubilidade	Hidrofilicidade	Bebidas	Proteínas do soro
Viscosidade	Ligação a água	Sopas, molhos de carne, molhos para saladas, sobremesa	Gelatina
Ligação a água	Pontes de hidrogênio e hidratação iônica	Salsichas de carne, bolos e pães	Proteínas da carne e do ovo
Gelificação	Retenção e imobilização de água e formação de redes	Carnes, géis, bolos, produtos de panificação, queijo	Proteínas da carne, leite e ovo
Coesão-adesão	Ligações hidrofóbicas, iônicas e de hidrogênio	Carnes, salsichas, massas, produtos assados	Proteínas da carne, ovo e do soro
Elasticidade	Ligações hidrofóbicas e ligações dissulfeto	Carnes e produtos de panificação	Proteínas da carne e proteínas de cereais
Emulsificação	Formação de película e adsorção de interfaces	Salsichas, almondegas, sopa, bolos, molhos	Proteínas da carne, do ovo e do leite
Formação de espuma	Adsorção interfacial e formação de películas	Chantili, sorvetes, bolos, sobremesas	Proteínas do ovo e do leite
Fixação de lipídeos e aromas	Ligação hidrofóbica, retenção	Produtos de panificação com baixo teor de gordura	Proteínas do ovo, leite e cereais

Fonte: Damodaran, Parkin & Fennema (2010, p. 213).

Assimile

As proteínas são moléculas biológicas formadas por aminoácidos, em que o tipo e a sequência conferem suas propriedades. Devido a fatores como pH, força iônica, solventes, calor e processos mecânicos, as proteínas perdem suas estruturas nativas, passando para o estado desnaturado. A desnaturação é um processo desejável ou indesejável que depende das diferentes aplicações tecnológicas, ainda que suas propriedades nutricionais e funcionais possam ser alteradas devido aos processamentos dos alimentos.

As propriedades funcionais das proteínas podem ser agrupadas nas seguintes categorias: 1. Hidratação; 2. Solubilidade; 3. Propriedades interfaciais; 4. Fixação de aromas; 5. Viscosidade; 6. Gelificação; 7. Texturização; 8. Formação de massa e 9. Sensoriais.

1. **Hidratação**: a água modifica as propriedades físico-químicas das proteínas. As propriedades reológicas e a textura dos alimentos dependem da interação da água com os outros constituintes dos alimentos. Em produtos de panificação e produtos cárneos triturados a capacidade da proteína de se ligar a água é importante para aceitação do alimento porque influencia diretamente na textura. Temperatura, força iônica, tipo de sais, pH e conformação proteica influenciam na capacidade das proteínas se ligar à água.
2. **Solubilidade**: para que uma proteína apresente solubilidade num sistema, ela deve estar em perfeito equilíbrio entre interações proteína-proteína, que são interações hidrofóbicas que resultam em diminuição da solubilidade, e proteína-solvente, que são interações iônicas que aumentam a solubilidade. Os resíduos hidrofóbicos estão inseridos no interior da molécula, ou seja, somente os grupos apolares que estão na superfície da proteína é que afetem a solubilidade. A solubilidade é maior quanto menor o número de segmentos hidrofóbicos na molécula. De acordo com a solubilidade as proteínas são classificadas em globulinas (solúveis em soluções salinas diluídas), albuminas (solúveis em água), glutelinas (solúveis em soluções ácidas e alcalinas) e prolaminas (solúveis em etanol a 70%). Quando analisada a solubilidade das proteínas em

relação ao pH, pode ser observado que elas apresentam solubilidade mínima em pH próximo ao ponto isoelétrico. A maioria das proteínas dos alimentos possui pI em torno do pH 4-5, tendo sua solubilidade máxima em pH alcalino entre 8-9. Essa propriedade é utilizada para a extração de proteínas vegetais. Dependendo da força iônica da proteína e da concentração de sais na solução, ela pode ter sua solubilidade aumentada (*salting in*) ou perder sua solubilidade (*salting out*). Em relação a temperatura, a maioria das proteínas tem sua solubilidade aumentada em torno de 0-40°C. Solventes orgânicos como etanol e acetona reduzem a solubilidade da proteína ao provocar precipitação, devido às interações polares intermoleculares.

3. **Propriedades interfásicas**: as proteínas são substâncias anfifílicas (possui propriedade hidrofílica e hidrofóbica) utilizadas para estabilizar emulsões e espumas, pois elas formam uma película viscoelástica na interface que suporta choques mecânicos durante o processamento e a estocagem de alimentos. Ovalbumina e albumina sérica, são exemplos de proteínas usadas como agentes emulsificantes e espumantes. As proteínas desempenham um papel importante como emulsificantes em alimentos como: leite, gema do ovo, leite de coco, leite de soja, manteiga, margarina, maionese, pastas para passar no pão, molhos para salada, sobremesas geladas, salsicha, linguiça, bolo, etc. Solubilidade, pH, temperatura e composição da proteína são fatores que afetam a capacidade de emulsificar. Uma espuma se caracteriza por uma fase contínua aquosa e uma fase dispersa gasosa (ar), caracterizando vários alimentos processados, como: bolos, merengues, cremes batidos, sorvetes, pães, suflês, musses, marshmallows, etc. Esses produtos apresentam uma textura e uma sensação bucal peculiares devido às minúsculas bolhas de ar dispersas. Grandes quantidades de bolhas de gás são incorporadas e estabilizadas pelas proteínas, porque elas formam uma película fina e resistente na interface gás-liquido. *Overrun* e o poder espumante de uma proteína é uma forma matemática de medir a capacidade de formar espuma e a espumabilidade de uma proteína. É possível também medir a capacidade de estabilização de uma espuma proteica,

analisando a redução da área interfacial da espuma em função do tempo. Alguns fatores ambientais como o pH, sais, lipídeos e concentração de proteínas influenciam a formação e estabilização da espuma.

4. **Fixação de aromas**: alguns odores indesejáveis (*off flavors*) podem se ligar às proteínas, afetando as propriedades sensoriais dos alimentos. Elas se ligam a aldeídos, cetonas e álcoois, gerados pela oxidação de ácidos graxos. As proteínas podem ser usadas como carregadores ou modificadores de aromas em alimentos industrializados, por exemplo em análogos de carne, que são produzidos com proteínas vegetais, mas que apresentam aroma semelhante a carne, aumentando a aceitação do produto.
5. **Viscosidade**: a aceitação de molhos, sopas e bebidas está bastante relacionada com a viscosidade e consistência do produto. A essa propriedade é conferida a proteína devido as interações proteínas-proteínas serem numerosas e fortes. As proteínas, quando dissolvidas absorvem água e se expandem, se hidratam e aumentam de volume.
6. **Gelificação**: a fase entre o líquido e o sólido é chamado de gel, em que as moléculas de água e outras substâncias de baixo peso molecular ficam aprisionadas numa rede formada por ligações covalentes e não covalentes. Quando se aquece uma solução proteica moderadamente concentrada ocorre a formação de gel, ou seja, para que aconteça a gelificação é necessário que haja inicialmente a transformação da proteína do estado sol para o estado pró gel (líquido viscoso) por desnaturação. Em seguida, o pró gel é resfriado a temperatura ambiente ou de refrigeração, resultando na formação da rede proteica, constituindo, assim, a gelificação. Dois tipos de géis são formados a partir das proteínas: o coágulo (opaco) e géis translúcidos. O mecanismo de gelificação e a aparência do gel são controlados principalmente pelo equilíbrio entre as interações hidrofóbicas atrativas e as interações eletrostáticas repulsivas. Após um repouso prolongado, muitos géis perdem o solvente e se contrai em um processo chamado de sinérese. Os géis podem ser formados a partir de proteínas no seu estado nativo ou desnaturada. O colágeno para formar um gel, deve sofrer degradação parcial, enquanto

que a albumina do ovo deve sofrer uma desnaturação para formar um gel. Já o fibrinogênio e o sistema actina/miosina podem formar géis em seu estado nativo.

7. **Texturização**: é a transformação de uma proteína globular em fibrosa, para que ela adquira as características de mastigabilidade, elasticidade, maciez e suculência semelhantes às proteínas da carne. São as proteínas vegetais que passam pelo processo de texturização por extrusão ou por formação de fibras. Em ambos os métodos as proteínas são desnaturadas termicamente ou por álcali, realinhadas em forma de uma rede fibrosa, ligadas entre si por um ligante e, então, flavorizadas. As proteínas vegetais texturizadas são utilizadas como complementos em produtos cárneos triturados como bolinhos de carne, molhos e hambúrgueres, como também em alimentos que "imitam" carne.
8. **Formação de massa**: o glúten, formado de gliadina e glutenina, é capaz de formar massas viscoelásticas após a hidratação e amassamento, que aprisionam gás durante o processo de fermentação na fabricação de pães e produtos de panificação. A rede viscoelástica é formada por interações dissulfeto, pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas. A adição de agentes oxidantes como iodatos e bromatos aumenta a elasticidade da massa.
9. **Sensoriais**: textura, cor, gosto e aroma são características sensoriais que podem ser conferidas pela presença de algumas proteínas nos alimentos. A suculência e a textura da carne são determinadas pelas proteínas miofibrilares. Além disso, a qualidade da carne depende do estado de contração das fibras musculares. As proteínas que apresentam cor são conjugadas, ou seja, o grupo prostético é que confere a coloração característica, como o radical "heme" das hemeproteínas, que possuem coloração avermelhada; já as flavoproteínas, que possuem riboflavina oxidada, são amareladas e as metaloproteínas contêm elementos metálicos. Alguns aminoácidos são essenciais para o gosto de alguns alimentos, como a glicina que confere o gosto característico de lagosta e caranguejo. Em outros alimentos, como o extrato de carne, o sabor é conferido pela combinação de todos os aminoácidos presentes.

Exemplificando

- Quando uma proteína modifica suas propriedades ópticas como a absorção do UV e fluorescência, é porque sua estrutura foi alterada, pois ela é influenciada pela polaridade do ambiente. Assim, é possível controlar as alterações das proteínas durante o processamento de alimentos monitorando as mudanças nas propriedades ópticas.

- O queijo é um alimento formado a partir da gelificação da caseína, proteína do leite, que após ser parcialmente hidrolisada pela renina, resulta num gel tipo coágulo. O tofu é um tipo de gel obtido das proteínas de soja, e utiliza cátions divalentes na formação de ligações cruzadas.

Os tratamentos tecnológicos utilizados na produção de alimentos podem causar efeitos desejáveis e indesejáveis sobre as proteínas. Tratamentos térmicos moderados (60 -90°C/ 1h) promovem a desnaturação da maioria das proteínas dos alimentos, podendo resultar em insolubilização, melhoramento da digestibilidade e da biodisponibilidade de aminoácidos essenciais. A inativação de enzimas pelo calor evita o aparecimento de rancidez, alteração na textura e a descoloração de alimentos. Para as proteínas vegetais, o tratamento térmico é responsável por inativar fatores antinutricionais, como os inibidores de tripsina e quimotripsina, e as lectinas, que são fito hemaglutininas que prejudicam a digestão proteica. As proteínas do leite e do ovo possuem vários inibidores de proteases que são inativados pelo calor. Tanto a toxina proteica botulínica do *Clostridium botulinum*, quanto a enterotoxina do *Staphylococcus aureus* são inativadas pelo calor.

O calor pode provocar alterações químicas nos aminoácidos, os tornando tóxicos. A texturização de alimentos em pH alcalino causa a racemização (processo em pH alcalino que converte L-aa em D-aa) parcial dos resíduos de aminoácidos (alguns são tóxicos), causando redução da digestibilidade da proteína e perda de aminoácidos essenciais. O processamento de proteínas alimentares em pH alcalino provoca o aparecimento de ligações cruzadas não naturais entre as cadeias polipeptídicas que resultam na diminuição da digestibilidade e na biodisponibilidade.

Os processos de fervura, assados ao forno e grelhados com temperaturas acima de 200 °C, podem produzir decomposição e pirólise de aminoácidos, originando compostos mutagênicos.

Processamentos como extração, precipitação isoelétrica e com sais, termocoagulação e ultrafiltração podem provocar perdas durante o preparo de isolados proteicos, pois alteram a composição de aminoácidos e o valor nutricional dos isolados quando comparados aos extratos brutos.

A foto-oxidação provoca a degradação de aminoácidos, principalmente o triptofano, cisteína e metionina. A reação de Maillard provoca modificações químicas em proteínas prejudicando o valor nutricional do alimento, além de produzir radicais livres e carbonilas insaturadas reativas que causam oxidação de vários aminoácidos.

Os radicais livres oriundos da degradação de lipídeos podem sofrer ligações cruzadas de polimerização com proteínas, diminuindo o valor nutritivo e originando odores indesejáveis aos alimentos.

Os nitritos são adicionados aos produtos cárneos (carnes curadas e embutidos) como bactericida e melhorador da cor. No entanto, sua reação com aminas secundárias, primárias e terciárias sob condições ácidas e elevadas temperaturas provoca o aparecimento de N-nitrosamina, um composto carcinogênico encontrado nos alimentos.

O peróxido de hidrogênio e peróxido de benzoíla são usados como agentes bactericidas em leite, como clareadores em farinhas de cereais, isolados proteicos e concentrados de proteína de peixe, bem como na desintoxicação de tortas de sementes oleaginosas, causando oxidação de vários resíduos de aminoácidos e polimerização de proteínas.

Os métodos mais comumente utilizados para a determinação de proteínas são: 1. Método de Kjeldahl; 2. Métodos colorimétricos como a reação de Biureto, a reação de Folin-Ciocalteau; 3. Complexação com corante Coomassie Azul Brilhante G;4. Método espectrofotométrico.

Reflita

Agora que você já sabe sobre as proteínas e os processos de processamento, reflita sobre os questionamentos abaixo e discuta com seus colegas:

- Quando a proteína é desnaturada ela perde totalmente seu valor nutritivo?
- A desnaturação de uma proteína é sempre um processo negativo que deve ser evitado de qualquer maneira?
- As propriedades funcionais de uma proteína ou mistura de proteínas presente num alimento, influencia as propriedades sensoriais, físicas e químicas dos produtos alimentícios formados?
- É possível transformar um alimento rico em proteína vegetal em um alimento que imita carne animal?
- É realmente necessário a adição de bromato na fabricação do pão? Qual o efeito benéfico que esse agente oxidante pode ter? É proibido o uso de bromatos na fabricação de pão?

Pesquise mais

Para aprofundar seus conhecimentos sobre as proteínas leia as páginas indicadas do livro: Damodaran, Parkin e Fennema (2010). Na página 182 você poderá conferir a estruturas dos vinte e um aminoácidos e nas páginas 235 e 236 é possível observar um fluxograma que mostra as etapas de obtenção de proteínas de soja texturizadas pelo método de formação de fibras e a texturização por extrusão da farinha de soja.

Acesse os vídeos abaixo para entender como são realizados os métodos de determinação de proteínas como o método de Kjeldahl e métodos de determinação de proteínas por Bradford e Biureto:

CANAL BROMATOLOGIA. Composição Centesimal: determinação de Proteínas pelo Método de Kjeldahl. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=m2jc6--Y2Uk>. Acesso em: 14 nov. 2017.

TECNAL EQUIPAMENTOS CIENTÍFICOS. Sistema para determinação Kjeldahl de proteína. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UK5Y2FgnZXc>. Acesso em: 14 nov. 2017.

CANAL BROMATOLOGIA. Determinação de Proteínas Totais: método de Biureto e Bradford. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ylfNP9nkJfQ>. Acesso em 14 nov. 2017.

Ainda pesquise em livros e em fontes confiáveis na internet sobre as principais fontes de proteínas de origem animal, proteínas de grãos, fontes proteicas não convencionais, como as proteínas de microrganismos, proteínas de folhas, proteínas de torta de sementes oleaginosas, proteínas de pescado, proteínas de penas (queratina), proteínas do sangue e proteínas do plasma.

Sem medo de errar

As proteínas desempenham um importante papel no valor nutritivo dos alimentos, responsáveis pelas propriedades funcionais que dão determinadas características a vários tipos de alimentos. Renato sabe disso e começou a testar várias proteínas no desenvolvimento de novos alimentos que, além de nutrir, contribuem tecnologicamente para o sabor, aroma, textura e aceitação do produto.

A aplicação do colágeno como ingrediente funcional em alimentos foi o alvo de Renato para o desenvolvimento dos vários produtos elaborados pela empresa. Sabendo que suas propriedades estão relacionadas com emulsionar, microencapsular, como agente espumante, estabilizar, formar películas, dentre outras, ele trabalhou - arduamente – na substituição de materiais sintéticos usados em seus produtos.

As sobremesas elaboradas por Renato com peptídeos bioativos através da hidrólise do colágeno resultaram no aumento das vendas em varejo pois, dessa forma, ele desenvolveu um alimento funcional que pode ser usado com a gelatina originando um produto com cor, odor, sensação na boca e textura extremamente aceitáveis, tanto que após os testes sensoriais os provadores não perceberam a adição de colágeno hidrolisado.

Renato ainda testou a suplementação de colágeno hidrolisado em leite fermentado e em água, sendo que a melhor absorção dos

aminoácidos foi com leite fermentado, dando uma característica de produto bioativo a esse produto.

Com a ideia de desenvolver um produto para a pele e ossos voltado para o público idoso e com boa absorção, ele fez uma mistura de um isolado proteico de soro de leite e um hidrolisado de colágeno bovino. A mistura de 60% de isolado de soro e 40% de hidrolisado de colágeno bovino apresentou boa solubilidade e, com isso, essa mistura poderá ser utilizada nas formulações de alimentos dietéticos para idosos.

Para que tenha o sucesso em desenvolver produtos à base de colágeno, ele não pode esquecer que só irá conseguir seus objetivos se o pH, a temperatura e a adição de sal forem controlados, como também a concentração e o tamanho das partículas de colágeno para obter produtos com textura desejada em relação a dureza e suculência. Renato trabalhou com fibras de colágeno e colágeno em pó, pois os dois tipos apresentam boa capacidade de absorção de água, são bons gelificantes, são excelentes estabilizantes e apresentam boas propriedades mecânicas. Isso pode ser comprovado quando ele usou fibra de colágeno em alimentos com pH ácido, pois nessa condição, a maioria dos emulsificantes proteicos (soja, caseína e soro) não consegue desempenhar essa atividade.

Para conseguir desenvolver uma barra de cerais diet com propriedades funcionais, Renato adicionou colágeno hidrolisado e teve um resultado melhor do que aquele obtido quando se usava goma acácia. De acordo com as análises feitas, 79% dos provadores demonstraram que comprariam as barras contendo colágeno.

O colágeno foi usado como substituto de gordura na elaboração de queijo prato light com a intenção de produzir queijos com características semelhantes aos queijos integrais. Renato pode observar uma melhor performance no aumento do teor de umidade e no rendimento dos queijos. Produtos como bolos enriquecidos com proteínas, tripa reconstituída para embutidos e como agente estabilizador em emulsões cárneas, são dentre outras, algumas aplicações do colágeno exercendo suas propriedades funcionais. Os peptídeos de colágeno podem ser utilizados como ingredientes funcionais porque possuem aminoácidos essenciais, e podem ser adicionados às formulações de bebidas (refrigerantes) e produtos de confeitaria. Além disso, pode ser usado como ingrediente para reduzir o teor de açúcar em barras de cereais e o teor de gordura

em iogurtes e chocolates, melhorar a cremosidade nos sorvetes, promover o enriquecimento proteico nos shakes e promover a clarificação em bebidas, entre muitas outras aplicações!

Avançando na prática

Filho de peixe, peixinho é?

Descrição da situação-problema

Marcos é engenheiro de alimentos e trabalha no desenvolvimento de alimentos que possuem apenas ingredientes de origem vegetal. No entanto, as características sensoriais de textura e maciez não são compatíveis com a qualidade que a empresa quer oferecer, e os produtos, mesmo formados por proteína vegetal, devem imitar as características dos alimentos que utilizam as proteínas de origem animal. O que fazer? É possível dar esse efeito aos produtos com ingredientes 100% vegetais? E ainda aumentar a aceitação do produto?

Resolução da situação-problema

A textura e a maciez conferida pela presença das proteínas de origem animal são o ponto mais difícil! As proteínas de origem vegetal que poderão ser utilizadas para substituir as características das proteínas de origem animal serão testadas para que haja a formação da rede de gel, de modo a ser possível sua utilização. Marcos começou a trabalhar empiricamente em seus produtos.

Quando as proteínas do trigo, albuminas e globulinas, foram testadas em várias concentrações, o resultado foi que elas interferiram na formação do gel de maneira negativa, e a textura apresentada não foi compatível com a esperada e sua aceitação foi mínima.

Testando as proteínas da soja na formulação de seus produtos, Marcos verificou que elas também não poderiam substituir as proteínas animais, porque apresentavam uma viscosidade que, ao ser mastigada, dava a sensação de um produto formado por grãos de areia – e essa textura arenosa foi totalmente rejeitada pelos provadores.

Por fim, Marcos trabalhou com o glúten isolado, o que foi surpreendente, pois conseguiu apresentar uma propriedade de coesão e adesão de tal forma, que o tornou um ligante efetivo para ser utilizado nos produtos análogos a carne e também em produtos

tipo surimi. Para melhorar ainda mais essas propriedades, foram feitos vários ensaios com diferentes concentrações de glúten, até obter a melhor textura e maciez mais próxima dos produtos com proteínas de origem animal. Após a aplicação dos testes sensoriais, a aceitação do alimento pela equipe de provadores foi em torno de 80%. Assim, foi possível atingir seus objetivos!

Faça valer a pena

1. Sobre as diferentes propriedades que as proteínas podem apresentar, analise a frase: A _____, _____ e _____ das moléculas _____ são em geral, _____ pela manifestação das várias _____, que podem ser características de vários tipos de _____. Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas sobre as diferentes propriedades que as proteínas podem apresentar:

a) Composição dos aminoácidos, o tamanho, a conformação, proteicas, responsáveis, propriedades funcionais, proteínas.
b) Composição de aminoácidos, o tamanho, a conformação, de gordura, responsáveis, propriedades funcionais, proteínas.
c) Composição de aminoácidos, o tamanho, a conformação, de proteicas, responsáveis, propriedades nutricionais, proteínas.
d) Composição de ácidos graxos, o tamanho, a conformação, de gordura, responsáveis, propriedades funcionais, proteínas.
e) Composição de ácidos graxos, o tamanho, a conformação, de proteínas, responsáveis, propriedades nutricionais, proteínas.

2. Analise as assertivas sobre proteínas:

I. O cisalhamento mecânico é um agente desnaturante gerado por agitação, amassamento, batimento, etc. A agitação provoca incorporação de bolhas de ar e da adsorção de moléculas de proteínas na interface ar-líquido.

II. A pressão hidrostática é um agente desnaturante eficiente, pois apesar de destruir as células microbianas, causa danos aos aminoácidos essenciais, à cor natural e ao sabor, mas não causa o aparecimento de compostos tóxicos.

III. Em sistemas alimentícios, os fatores ambientais como o pH, força iônica, temperatura, composição do solvente, dentre outros, afetam a estabilidade estrutural das proteínas levando-as a um processo de desnaturação, que consiste na mudança das estruturas proteicas, sem a quebra das ligações peptídicas da cadeia principal.

IV. A desnaturação proteica é sempre indesejável, pois a proteína perde sua solubilidade e alguma propriedade funcional. A desnaturação térmica e mecânica destrói as propriedades nutricionais das proteínas tornando-as sem valor biológico. A desnaturação parcial da proteína pode melhorar suas propriedades.

V. O grau de desdobramento da molécula proteica é maior em valores extremos de pH alcalino do que em valores extremos de pH ácido. A desnaturação induzida pelo pH é, em sua maioria, reversível. No entanto, se ocorrer hidrólise parcial das ligações peptídicas, desaminações ou destruição de grupos sulfidril, pode resultar em desnaturação irreversível das proteínas.

Após analisar as assertivas sobre proteínas, assinale a alternativa que corresponde à opção correta:

a) I, II e V.
b) III, IV e V.
c) I, II e III.
d) I, III e V.
e) II, IV e V.

3. Analise as propriedades funcionais relatadas abaixo:

1. Depende da afinidade da proteína com água; geralmente mudanças nessa propriedade modificam sua funcionalidade e a capacidade de retenção de água.
2. Depende da capacidade das moléculas de proteína se unirem e formarem uma "ponte" entre duas fases imiscíveis.
3. Transformação de uma proteína globular em fibrosa através de processos tecnológicos que permitem a produção de alimentos com proteínas vegetais que são análogos a carne.
4. Propriedades que se refere às moléculas de água e outras substancias de baixo peso molecular, quando ficam aprisionadas numa rede formada por ligações covalentes e não covalentes.

Assinale a alternativa que corresponde às propriedades funcionais das proteínas:

a) 1. Gelificação. 2. Texturização. 3. Fixação de aromas. 4. Viscosidade.
b) 1. Formação de massas. 2. Solubilidade. 3. Viscosidade. 4. Texturização.
c) 1. Hidratação. 2. Emulsificação. 3.Texturização. 4.Gelificação.
d) 1. Solubilidade. 2. Texturização. 3. Formação de massa. 4. Fixação de aromas.
e) 1. Emulsificação. 2. Gelificação. 3. Hidratação. 4. Formação de massa.

Seção 3.2

Enzimas em alimentos

Diálogo aberto

O processamento de frutas e vegetais exige um cuidado especial em relação às possíveis deteriorações que podem ocorrer durante as etapas, pois as alterações na cor, textura e sabor e perda de nutrientes prejudicam a qualidade do produto final impedindo a comercialização e a aceitação, além de diminuir a vida útil do produto. Um dos principais problemas para a indústria de alimentos voltada para frutas, vegetais e bebidas é a reação de escurecimento devido à ação da enzima polifenol oxidase. Essa endoenzima tem como substrato compostos fenólicos presentes no próprio alimento que, em contato com o oxigênio, promove o aparecimento de quinonas, que rapidamente se condensam e formam produtos escuros insolúveis denominados melanina.

Para José Pedro, essa reação traz muito prejuízo, principalmente quando a produção de frutas e vegetais minimamente processados são comercializados em maior quantidade. A preparação de frutas e vegetais para o enlatamento ou outros processamentos exige uma série de etapas que precisam ser bem controladas, e é preciso saber, principalmente, qual a melhor estratégia a ser tomada, pois cada vegetal tem sua estrutura de membrana compartimentalizada de forma diferente. Assim, é necessário estimar a localização da enzima nos alimentos, de modo que, seja possível usar os diferentes métodos de inibição da reação. O aumento na incidência de devolução de frutas e vegetais enlatados devido à alteração de cor, também é um problema que tem afetado a qualidade de seus produtos e sua comercialização. Quais providencias deverão ser tomadas e imediatamente executadas?

Não pode faltar

As enzimas de alimentos estão presentes de duas maneiras: elas podem ser adicionadas aos alimentos como fontes exógenas, com o objetivo de causar uma mudança desejável, e as endógenas, presentes nos alimentos e que podem (ou não) participar das reações que afetam a qualidade do alimento. As enzimas reagem com substratos específicos e formam complexos, caracterizando uma determinada atividade biológica, que depende de fatores como: concentração da enzima ou de substrato, atividade de água, temperatura, pH e presença ou ausência de inibidores. Essas substâncias descrevem um padrão de especificidade que depende de sua afinidade e facilidade de catálise.

As enzimas exógenas são usadas na produção de xaropes de milho, glicose, xaropes ricos em frutose, açúcar invertidos e outros adoçantes, hidrolisados proteicos e lipídicos, na estabilização de cervejas, na coagulação do leite para produção de queijo, no amaciamento de carne, na eliminação do amargor de sucos cítricos, amaciamento do miolo do pão, na maturação de queijos, na extração de sucos, clarificação de sucos e vinho, extração de óleo de frutas e sementes, filtração de bebidas, mistura de massas, fermento e estabilização de produtos assados.

Já as enzimas modificadoras de carboidratos são as chamadas de glicosil-hidrolases ou glicosidases, que agem sobre as ligações glicosídicas. Essas enzimas são utilizadas para diversas aplicações dependo da natureza do carboidrato.

Assimile

As enzimas são catalisadores biológicos altamente específicos, ou seja, uma enzima reconhece um determinado substrato, e através de uma determinada reação forma um produto específico. As enzimas endógenas são encontradas naturalmente nos alimentos e sua ação está relacionada principalmente com os processos de deterioração. Por isso, durante o processamento de alimentos, a ação da enzima é retardada ou inibida. As enzimas exógenas são adicionadas durante a elaboração de diversos alimentos, de modo que sua ação favoreça o desenvolvimento de produtos modificados química, nutricional e sensorialmente, garantindo características desejáveis ao produto final e melhorando a qualidade global dos alimentos processados.

As **enzimas modificadoras de amido** são usadas principalmente para a produção de xarope de milho, dextrinas, xarope de milho rico em frutose, xarope de maltose e glicose. As glicosidases exógenas são adicionadas aos alimentos com o objetivo de retardar a retrogradação e facilitar a fermentação por leveduras. Cada enzima tem uma especificidade e é utilizada conforme a necessidade industrial.

1. **α-amilase**: usadas principalmente para hidrolisar o amido em dextrinas. Essa enzima pode ser originária de fonte microbiana ou do malte.
2. **β-amilase**: essa enzima libera unidades de maltose a partir de extremidades não redutoras das cadeias de amilose. Essas enzimas são encontradas em batata doce, soja e *Bacilllus spp*.
3. **Pululanase**: são enzimas desramificadoras que hidrolisam ligações glicosídicas α-1,6 que são os pontos de ramificação da amilopectina. Está presente em bactérias, leveduras e cereais, em que os grãos germinados ou malteados de cevada são as fontes dessa enzima. Age lentamente sobre a amilopectina no processo em que o amido é liquefeito e sacarificado.
4. **Glicoamilase**: essa enzima hidrolisa unidades de glicose a partir da extremidade não redutora de fragmentos de amido, ela é seletiva para ligações glicosídicas α-1,4, mas pode agir lentamente em ligações glicosídicas α-1,6, originando glicose como o produto final da reação. São produzidas por fungos e bactérias.
5. **Ciclomaltodextrina glicanotransferase**: essas enzimas catalisam as reações de hidrólise e transglicosilação intra e intermolecolares. As reações de ciclização resultam em ciclodextrinas.

O amido é industrialmente hidrolisado em um processo, chamado liquefação, por uma α-amilase bacteriana termoestável que origina uma mistura de dextrinas lineares e ramificadas (maltodextrinas). Essa mistura não permite que ocorra a gelatinização do amido no resfriamento. Esse processo pode ser conduzido de várias formas, de modo que ocorra a produção de xarope de glicose que, ao ser refinado, concentrado e tratado com uma glicose isomerase, origina o xarope de milho rico em frutose. O xarope de maltose, usado em confeitaria, pode ser produzido a partir do amido liquefeito com adição de enzimas maltogênicas (α-

ou β- amilase). Quando o amido é hidrolisado em dextrinas grandes pode formar géis termorreversíveis, substitutos de gordura.

As amilases aplicadas diretamente à massa em produtos de panificação reduzem a viscosidade e melhoram seu volume, a maciez e a cor da casca. Amilases maltogênicas mantêm o pão macio sem emborrachar, a elasticidade da casca e retardam a decomposição.

Amilases endógenas de grãos maltados não são suficientes para produzir quantidades de açúcares fermentáveis para indústria cervejeira, sendo necessário a adição de β- e α-amilase, glicoamilase e pululanase. Da mesma forma, glicanases e xilanases são adicionadas para hidrolisar as glicanas e xilanas, que compõem a parede celular. Cervejas de baixa caloria (light) são produzidas com adição de glicoamilase às dextrinas limite. As xilanases despolimerizam as arabinoxilanas, aumentando a viscosidade, a elasticidade e a força do glúten, além de aumentar o volume final do pão. O sucesso para a formulação de massas congeladas é maior quando é usado uma mistura de xilanase e amilases.

Reflita

Como se obtêm enzimas exógenas para a aplicação na indústria de alimentos? Quais características que essas enzimas devem possuir para serem aplicadas com sucesso na tecnologia de alimentos?

É possível controlar a ação de enzimas endógenas nos alimentos? Quais as possíveis estratégias usadas pelas indústrias para controlar o efeito catalítico das enzimas endógenas?

Modificações enzimática de açúcares:

1. Isomerização da glicose: a glicose isomerase, obtida a partir de microrganismos, é utilizada para a produção de um adoçante originário do amido de milho, o xarope de milho rico em frutose.
2. Oxidação da glicose: a glicose oxidase é usada para eliminar a glicose da clara de ovo para evitar a reação de Maillard durante a desidratação e armazenamento. Essa enzima pode ser utilizada para induzir ligações dissulfetos no glúten e, consequentemente, substituir os bromatos.
3. Hidrólise da sacarose: tecidos vegetais e micro-organismos possuem invertase. Essa enzima tem a capacidade de mudar

a rotação óptica de uma solução de sacarose. É usada principalmente na produção de confeitos de recheio mole e na produção de mel artificial a partir da sacarose.

4. Hidrólise da lactose: a β-D-galactosidase ou lactase é encontrada em mamíferos e microrganismos. Essa enzima é utilizada no processamento de alimentos ácidos como o soro ácido e alimentos lácteos fermentados, assim como em leite e soro doce. A hidrolise da lactose pode aumentar a doçura, substratos fermentáveis e açúcares redutores, além de reduzir a cristalização da lactose para não conferir arenosidade ao alimento e permitir o consumo de produtos lácteos por indivíduos com intolerância à lactose.
5. As β-glicosidases: essas enzimas têm ação sobre os β-glicosídeos e podem gerar compostos aromáticos em vinhos, sucos e chás. Elas são usadas na remoção do amargor de sucos cítricos.
6. A isomaltulose sintetase: é usada para produzir isomaltose, um agente probiótico – um adoçante que não provoca cárie – e que serve de substrato para hidrogenação, resultando num açúcar álcool conhecido como Isomalt®.
7. A α-galactosidase: catalisa a conversão da rafinose no açúcar de beterraba em sacarose para facilitar a recristalização.

As enzimas que hidrolisam pectina e parede celular são usadas principalmente na extração e clarificação de sucos, na liquefação da massa total de frutas ou hortaliças para não precisar de filtração ou prensagem e para facilitar a remoção de cascas. Essas enzimas são encontradas em plantas e microrganismos e são classificadas em:

1. Poligalacturonase: a ação dessa enzima é a despolimerização da pectina e a solubilização dos polissacarídeos ricos em ácidos galacturônicos que estão presentes na lamela média e outras membranas da parede celular.
2. Pectina metil esterase ou pectinesterase: essa enzima tem ação variada em substratos com diferentes graus de metilação.
3. Pectato-liase: encontrada em fungos e bactérias essa enzima tem sua atividade máxima em pH alcalino e o seu substrato específico é a pectina de baixa metilação.

4. Pectina liase: presentes em fungos e bactérias, essa enzima tem pH ótimo em torno de 6,0 e o substrato preferido são pectinas totalmente metoxiladas. São usadas principalmente como coadjuvantes nos processamentos de frutas e hortaliças.

Celulases e glicanases são enzimas que hidrolisam ligações β-1,4 e β-1,3 de glicanas que pertencem à parede celular. A liquefação dos tecidos vegetais resulta no aumento do nível dos açúcares fermentáveis para a indústria cervejeira, assim como facilitam a filtração dos grãos e reduzem a turbidez.

As enzimas proteolíticas, que quebram ligações peptídicas nas proteínas e peptídeos, usadas em processamento de alimentos, são produzidas a partir de uma mistura de agentes proteolíticos na forma de preparações comerciais. Essas enzimas podem ser extraídas a partir de plantas (papaína, bromelina, ficina), de animais (peptidases digestivas) e de microrganismos. A diferença da ação entres essas enzimas está relacionada a posição da ligação hidrolisada na cadeia peptídica e a sequência de aminoácidos preferida. São os peptídeos e os aminoácidos presentes nas proteínas, que contribuem para o sabor dos alimentos. Por isso, essas enzimas são usadas para produzir alimentos proteicos modificados com o intuito de melhorar o sabor, o aroma, a textura, a funcionalidade e a qualidade nutricional.

1. Leite: a coagulação do leite para a produção do queijo é feita através da adição da quimosina (renina), que permanece no coágulo e contribui para a maturação e sabor do queijo.
2. Carnes: as proteases podem hidrolisar o colágeno e a elastina, que dão rigidez à carne, produzindo um alimento mais macio.
3. Massas: as enzimas são usadas para melhorar as propriedades reológicas da massa de farinha para fabricação de pães e biscoitos. Elas atuam por diminuir o tempo de mistura e por produzir massas menos elásticas e endurecidas, quando a farinha está com glúten danificado. Escolher uma protease mais adequada é fundamental para se obter as características desejáveis da massa, visto que as enzimas possuem diferentes especificidades.
4. Bebidas: os taninos se ligam às proteínas formando complexos que causam turvação na cerveja, por isso, a indústria usa enzimas proteolíticas para minimizar a

turvação pela hidrólise das proteínas. Elas são adicionadas após a fermentação; antes da filtração final são destruídas pela pasteurização.

5. Sabor: os peptídeos interagem com os carboidratos e as gorduras dos alimentos, criando sabores específicos, como algumas preparações enzimáticas utilizadas para a obtenção de peptídeos flavorizantes. As proteases podem ser utilizadas para reduzir o sabor amargo de queijos, cacau, cerveja, carnes curadas, molho de soja e peixe. Também restauram as propriedades emulsificantes de proteínas de soja desnaturadas pelo calor.

Exemplificando

A *flavourzyme* é uma protease fúngica produzida pela fermentação submersa de *Aspergillus oryzae*, que não foi geneticamente modificada, usada para hidrólise de carne.

As enzimas proteolíticas usadas para a maciez da carne podem ser aplicadas na superfície em forma pulverizada, ou injetadas – diluída em solução salina ou aplicadas por imersão. Em alguns casos as enzimas podem ser aplicadas antes da morte do animal.

As proteínas modificadas enzimaticamente também podem substituir gorduras e glicídios, conferindo textura, viscosidade, sabor e aroma aos alimentos. Enzimas proteolíticas são usadas na produção de extrato de levedura, usado para o preparo de sopas e molhos, assim como, podem ser utilizadas para a obtenção de peptídeos antimicrobianos (nisina).

Os lipídeos são macronutrientes encontrados nos alimentos e que podem ser modicados com o uso de enzimas específicas escolhidas de acordo com a necessidade tecnológica. O uso comercial de lipases, enzimas que atuam na interface óleo-água, é direcionado para a produção de ácidos graxos aromatizantes de cadeia curta a partir de lipídeos. As lipases são usadas para preparar queijos processados, molhos, e para produzir substitutos da manteiga de cacau, como os lipídeos estruturados (modificados para uso médico ou dietético), e ainda no melhoramento de massas por gerar agentes emulsificantes. As lipoxigenases oxidam ácidos graxos insaturados que ajudam a fortalecer a rede de glúten. As fosfolipases são usadas no processo

de refinamento do óleo durante a etapa da degomagem (remoção de fosfatídeos, proteínas e substancias coloidais).

As principais enzimas endógenas presentes nos alimentos contribuem significativamente para as suas características, pois estão envolvidas nos processos deteriorativos da qualidade. Elas são chamadas de fenoloxidases (fenolase, polifenol oxidase, catecolase, cresolase e tirosinase), e causam o escurecimento enzimático em alimentos, enquanto que as peroxidases, usadas como indicadores do branqueamento, participam da destruição de pigmentos, como as betalaínas (cor de beterraba) e clorofila. As lipoxigenases endógenas catalisam a rancidez oxidativa em feijão, vagem, soja e ervilha, que não sofreram tratamento térmico adequado.

As proteases endógenas do músculo (calpaínas e catepsinas) são fundamentais para o processo de maturação da carne. As proteases endógenas do músculo de peixe atrapalham a formação de géis diminuindo a qualidade de produtos como o surimi (Kani-kama). Já em batata doce cozida e processada (purê, enlatada e flocos), a presença da enzima β-amilase, aumenta os níveis de maltose.

A enzimologia pode trazer soluções diversas para a tecnologia de alimentos, de modo a ser um ingrediente usado para o desenvolvimento de novos produtos, minimizar os subprodutos indesejáveis e melhorar a qualidade dos alimentos.

Pesquise mais

Agora que você já sabe o papel das enzimas na indústria de alimentos leia mais sobre a classificação das enzimas definida pela Comissão de Enzimas (EC) da International Union of Biochemists and Molecular Biologists (IUBMB) no livro:

DAMODARAN, S.; PARKIN K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 287.

Para que você entenda as várias funções e aplicações das enzimas na indústria de alimentos, acesse o artigo:

ADITIVOS & INGREDIENTES. Função e aplicação das enzimas na indústria alimentícia. [s.d.]. Disponível em: <http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201603/2016030669752001459192824.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Sem medo de errar

Existem várias técnicas para ajudar José Pedro a minimizar seus prejuízos, mas o mais difícil é estabelecer qual técnica é mais adequada para as diferentes matérias-primas. Vale salientar que diferentes cultivares da mesma espécie podem apresentar teor de compostos fenólicos e atividade enzimática diferentes, e que a concentração da enzima e sua localização na célula são fundamentais para o conhecimento do seu modo de ação e como suas propriedades afetam o alimento. No vegetal in natura ocorre a compartimentalização da estrutura de membrana dentro da célula e outras barreiras físicas, promovendo a separação das enzimas de seus substratos, ou ainda permitido que elas estejam ligadas a outras proteínas, membranas ou polissacarídeos.

Levando em consideração as matérias-primas usadas para processamento, as estratégias de controle podem ser empiricamente analisadas para a escolha da melhor maneira de inativar a enzima sem afetar as características dos alimentos:

1. Eliminando o oxigênio em contato com a superfície danificada do vegetal é possível retardar a reação oxidativa catalisada pela polifenol oxidase. Isso pode ser feito através de embalagens em atmosfera modificada, cobertura dos tecidos com xarope de açúcar e com filmes comestíveis. A eliminação do oxigênio não pode ser total, pois levará a respiração anaeróbia e a produção de sabores indesejáveis.
2. Processamento térmico, a desidratação e o congelamento são efetivos desde que haja o controle do tempo em que os vegetais serão expostos ao processo, pois não podem haver danos na textura e na alteração na cor.
3. Inativação térmica completa da enzima pelo calor se dá em temperatura de 70 a 90°C por um curto período de tempo. Esse processo também é efetivo como pré-tratamento de frutas e vegetais antes do enlatamento, congelamento e desidratação.
4. Tratamentos com quitosana e ciclodextrinas complexam os substratos e limitam sua disponibilidade, ou seja, a enzima não tem acesso e não catalisa a reação.

5. A redução do pH pela adição de acidulantes como o ácido cítrico, málico e fosfórico exercem um efeito de inibição da ação enzimática.
6. A adição de substâncias redutoras como o ácido ascórbico, sulfito e tióis, previnem o escurecimento, porque reduzem as quinonas a difenóis ou a quinonas conjugadas, impedindo a formação de melanina.
7. Compostos sulfidrilas (sulfito de sódio, bissulfito de sódio e metabissulfito de sódio), ou dióxido de enxofre, são poderosos inibidores da enzima polifenol oxidase.
8. Agentes complexantes como o EDTA (ácido etilenodiaminotetraacético), fosfatos e ácidos cítrico são agentes quelantes que podem se complexar como o cobre, presente no centro ativo da enzima diminuindo a velocidade da reação.

Todas essas estratégias devem ser analisadas de modo a ajudar José Pedro a escolher qual delas é a melhor solução para que seus produtos não apresentem características indesejáveis. O mais importante é que ele obtenha um sucesso na comercialização pela qualidade de seus produtos.

Avançando na prática

Quente ou frio?

Descrição da situação-problema

Rebeca, biomédica com especialização em análise de alimentos, trabalha no laboratório de controle de qualidade analisando as matérias-primas e os produtos derivados do tomate produzidos pela empresa Puro Tomate. A empresa trabalha com matéria-prima orgânica e preza pela qualidade de seus produtos, principalmente em relação a formulação, pois trabalham com produtos sem aditivos e conservantes. Além disso, ela participa de todo o processo de fabricação para saber se todas as etapas de obtenção estão de acordo com as normas da empresa. No entanto, Rebeca está com problemas nos produtos acabados, como a baixa viscosidade e consistência líquida para o ketchup e uma turvação indesejada para os sucos. Além disso, os extratos e purês apresentaram redução na consistência e a separação do soro dos sólidos ocorre com

bastante frequência. Como são produtos sem aditivos, o controle deve ser feito alterando as condições do processo. Como esse procedimento deverá ser executado?

Resolução da situação-problema

No desenvolvimento de derivados de tomate é importante que todas as temperaturas de trabalho sejam monitoradas adequadamente. Com base na fisiologia e na composição das enzimas do vegetal, Rebeca começa uma estratégia para controlar a atividade das enzimas endógenas presentes no tomate, assim como nos produtos derivados que são preparados. Para preservar os níveis de pectina, melhorar a consistência e viscosidade aos purês e estabilizar a turvação nos sucos, o processo de ruptura dos tecidos do tomate deve ser feito numa temperatura entre 85 e 95 °C, para inibir a atividade da enzima poligalacturonase e a pectina metilesterase.

O problema da separação do soro foi resolvido aumentando a temperatura, pois esse fenômeno acontece principalmente quando se utiliza temperaturas menores que 70 °C pois, abaixo dessa temperatura, as enzimas são termicamente ativadas, resultando em uma despolimerização da pectina que afeta a viscosidade e a pectina se torna desesterificada, influenciando negativamente na turbidez. O branqueamento térmico em temperaturas moderadas contribui para a manutenção da textura, porque controlam a ação das enzimas pectinolíticas. Apesar de os processos que usam baixas temperaturas serem responsáveis por conferir mais sabor aos produtos finais – pois mantem a atividade da enzima lipoxigenase e hidroperóxido liase –, Rebeca precisa equilibrar as condições de processamento entre as propriedades físicas e sensoriais, de modo que, o produto final seja de ótima qualidade e tenha uma boa aceitação pelo consumidor.

Faça valer a pena

1. O tecido vegetal, quando sofre algum tipo de injúria promovido por corte ou é amassado, sofre ataque de insetos, fungos e/ou bactérias, ou quando é congelado, rapidamente se torna escuro. Geralmente esse processo é indesejável do ponto de vista do processamento de alimentos, pois além de peras sensoriais ocorrem perdas nutricionais.
Qual enzima é responsável por essas características indesejáveis apresentadas pelos vegetais?
a) Amilases.
b) Proteases.
c) Pectinases.
d) Polifenol oxidades.
e) Lipoxigenases.

2. As enzimas modificadoras de carboidratos são as chamadas de glicosil-hidrolases ou glicosidases, e agem sobre as ligações glicosídicas. Essas enzimas são utilizadas para diversas aplicações dependo da natureza do carboidrato. As enzimas modificadoras de amido são usadas principalmente para a produção de xarope de milho, dextrinas, xarope de milho rico em frutose, xarope de maltose e glicose. As glicosidases exógenas são adicionadas aos alimentos com o objetivo de retardar a retrogradação e facilitar a fermentação por leveduras. Cada enzima tem uma especificidade e é utilizada conforme a necessidade industrial.
Assinale a alternativa que contém os exemplos de enzimas específicas para modificar os amidos:
a) α-amilase e β-amilase.
b) glicoamilase e lactase.
c) poligalacturonase e pectato liase.
d) papaína e bromelina.
e) celulases e lipoxigenases.

3. Os peptídeos e os aminoácidos presentes nas proteínas contribuem para o sabor dos alimentos, por isso, essas enzimas são usadas para produzir alimentos proteicos modificados com o intuito de melhorar o sabor, o aroma, a textura, a funcionalidade e a qualidade nutricional.
Assinale a alternativa que corresponde aos exemplos de enzimas com essa propriedade:
a) Fenoloxidases e calpastatinas.
b) Fosfolipases e renina.
c) Bromelina e Papaína.
d) Poligalacturonase e pectina liase.
e) β-glicosidase e ficina.

Seção 3.3

Lipídeos em alimentos

Diálogo aberto

Mateus é biomédico e trabalha no controle de qualidade de óleos e gorduras, e sempre trabalha para que seus produtos não rancifiquem. Como ele conseguirá? Ele sabe que o estado oxidativo de um óleo ou gordura depende das condições de manuseio, processamento e armazenamento. Por isso, é necessário que essas condições sejam muito bem controladas, além de outros vários fatores que afetam de modo negativo um alimento que tenha em sua composição ácidos graxos susceptíveis à diferentes reações de degradação que podem ocorrer. Quais as principais estratégias adotadas por ele para aumentar a vida de prateleira de alimentos gordurosos? Quais fatores afetam a velocidade da reação de oxidação? Como o processamento afeta a velocidade da reação em determinados alimentos? O que Mateus precisa saber sobre a composição do alimento para evitar essa reação?

Não pode faltar

Os lipídeos são encontrados em várias formas nos alimentos e exercem diferentes propriedades que dão características aos produtos alimentícios. O termo lipídeo é utilizado para descrever principalmente óleos e gorduras, sendo os triacilgliceróis os tipos de lipídeos mais comuns em alimentos. Também podem ser encontrados como fosfolipídeos, glicolipídeos, esfingolipídeos e lipoproteínas. Os lipídeos compõem as membranas celulares e atuam como isolantes térmicos; são precursores de hormônios esteroides, auxiliando na absorção das vitaminas lipossolúveis, além de servirem de fonte de energia para as células. Os óleos e gorduras comestíveis contribuem na preparação de alimentos como meio de transferência de calor em frituras, conferem textura, sabor e cor, além de melhorarem a aparência e palatibilidade.

Os triacilgliceróis são formados pela reação de esterificação de três ácidos graxos com uma molécula do glicerol. Cada ácido graxo que compõe um triacilglicerol pode apresentar diferentes números de átomos de carbono, diferentes graus de insaturação, assim como diferentes posições na estrutura da molécula de glicerol.

Os ácidos graxos podem apresentarem-se como saturado (somente ligações simples), monoinsaturados (com apenas uma ligação dupla) e poli-insaturados (com duas ou mais insaturações). Em relação ao tamanho da cadeia, os ácidos graxos podem apresentar cadeia carbônica curta com número de carbonos entre 4-10, cadeia média entre 12-14 e cadeia longa com mais de 16 átomos de carbono. Eles podem adquirir configuração cis e trans dependendo da posição do grupo alquila.

Na natureza, a grande maioria dos ácidos graxos são encontrados na configuração cis, porém, em leite e carne de ruminantes é possível encontrar ácidos graxos trans, resultante da hidrogenação provocada pelas bactérias do rúmen. Em óleos vegetais que sofreram o processo de hidrogenação é possível encontrar de 30 a 40% de ácidos graxos trans.

A diferença entre os ácidos graxos está relacionada ao comprimento da cadeia carbônica, pelo número e posição das duplas ligações, assim como pela sua configuração espacial. Em bioquímica e nutrição os ácidos graxos insaturados são agrupados em famílias ômega (ω). O ácido graxo que pertence à família ω-9 é o ácido oleico (C 18:1), enquanto que os ácidos linoleico, gama linolênico e araquidônico representam a família ω-6. Os ácidos α-linolênico, eicosapentaenoico e docosaexaenoico representam a família ω-3. Essa classificação é baseada numeração do carbono do grupo metila terminal da cadeia como número 1, ou seja, ácidos graxos da família ω-3 possuem a primeira insaturação no carbono 3 contando a partir do grupo metil terminal da cadeia carbônica. Os ácidos graxos da família ω-6 e ω-3 não são sintetizados pelo organismo humano, tornando-se essenciais do ponto de vista nutricional. Metabolicamente esses ácidos graxos também fazem parte das membranas celulares e são precursores de leucotrienos e prostaglandinas.

Assimile

Os lipídeos alimentares estão, principalmente, na forma de triacilgliceróis e são originados de diferentes composições de ácidos graxos, que variam de acordo com o tamanho, grau de insaturação, isomeria e diferentes posições na estrutura da molécula de glicerol.

Os lipídeos alimentares são formados por diferentes composições de ácidos graxos como, por exemplo, os triacilgliceróis, de origem vegetal, que contêm elevada quantidade de ácidos graxos saturados e estão presentes na manteiga de cacau. Já os óleos de sementes oleaginosas são compostos de ácidos graxos insaturados como, por exemplo, o óleo de oliva e o de canola são ricos em ácido oleico, óleo de milho e soja, ricos em ácido linoleico. Analisando a composição de ácidos graxos, é possível dividir as gorduras e óleos alimentícios em quatro grupos: 1. Gorduras com alto teor de ácidos graxos saturados, como manteiga, gordura de coco e banha; 2. Óleos com alto teor de ácidos graxos monoinsaturados, como azeite de oliva e óleo de amendoim; 3. Óleos com alto teor de ácidos graxos di-insaturados, como o ácido linoleico, óleo de algodão, milho e soja; 4. Óleos com alto teor de ácidos graxos poli-insaturados, como o óleo de peixe e o óleo de linhaça.

Exemplificando

Os ácidos graxos saturados mais frequentes em alimentos são: láurico, mirístico, palmítico e esteárico. Os insaturados mais frequentes são: oleico, linoleico, linolênico e araquidônico.

A gordura de porco, apesar de ser classificada como gordura saturada, ela possui aproximadamente 60% de seus ácidos graxos na forma insaturada.

As propriedades físicas de um lipídeo dependem da composição química de suas moléculas e são aplicadas para a elaboração de diversos produtos como margarinas, gorduras emulsificáveis ou emulsões, chocolate, gordura para panificação, dentre outros. Dentre as várias propriedades dos lipídeos, podem-se destacar as seguintes:

1. Ponto de fusão: por definição é a temperatura na qual todos os sólidos se fundem. Os óleos são líquidos à temperatura ambiente e o ponto de fusão das gorduras oscila entre

30 e 42 °C. Essa característica depende do tamanho da cadeia do ácido graxo e de seu grau de saturação, pois os saturados são sólidos à temperatura ambiente, enquanto que os insaturados abaixam o ponto de fusão. Na isomeria o aumento da quantidade de isômeros trans tende ao aumento do ponto de fusão.

2. Calor específico: por definição é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma determinada substancia em 1 ºC. Está relacionado com o comportamento das gorduras durante o processamento tecnológico (sua mobilidade), o que significa que o calor específico das gorduras liquidas é duas vezes maior que o das gorduras sólidas.
3. Viscosidade: a viscosidade de uma gordura está relacionada ao comprimento da cadeia dos ácidos graxos, ou seja, quanto maior é a cadeia, mais viscosa é a gordura. A viscosidade diminui quando aumentam as insaturações dos ácidos graxos que compõem a gordura. Essa propriedade deve ser analisada principalmente durante o processamento e manipulação de gorduras em sistemas alimentares.
4. Índice de refração: por definição é a relação entre a velocidade da luz no ar e a velocidade da luz no meio constituído pela substancia examinada, no caso, a gordura. É utilizado para controlar o processo de hidrogenação, pois ele aumenta quando aumenta o comprimento da cadeia de ácido graxo e as insaturações.
5. Densidade: por definição é a massa de uma substância para ocupar um determinado volume. Essa propriedade é muito usada para determinar a relação sólido/líquido das gorduras comerciais, pois as gorduras tendem a ser mais densas que os óleos líquidos. A densidade de óleos, líquidos, e gorduras sólidas tende a diminuir com o aumento da temperatura. Um lipídeo terá maior densidade se as moléculas de triacilgliceróis estiverem bem empacotadas.
6. Solubilidade: as gorduras são solúveis em solventes orgânicos e insolúveis em água, sendo que, a solubilidade depende do comprimento da cadeia dos ácidos graxos e do seu grau de saturação. A diferença de solubilidade permite a separação da gordura por fracionamento.

7. Plasticidade: está relacionada com a capacidade que as gorduras possuem em formar uma rede tridimensional de pequenos cristais em matrizes de óleo líquido, mantendo sua forma, mesmo que exista uma pressão sobre ela. Quando ocorre a ruptura da rede cristalina, o liquido se torna viscoso.
8. Polimorfismo: é a capacidade de uma substância de existir sob diversas estruturas cristalinas, quando os cristais presentes nos lipídeos se organizam em diferentes formas polimórficas alterando as propriedades físico-químicas e sensoriais dos alimentos. Para que um alimento apresente suas características de textura e aparência adequadas para aceitação, é necessário manter os cristais de gordura na forma polimórfica mais adequada.
9. Turvamento: o tempo necessário para provocar o turvamento de um óleo num recipiente submerso em um banho de gelo é a base para a prova do frio, pois em alguns alimentos, como a maionese, o óleo utilizado em seu preparo não pode cristalizar ao ser armazenado sob refrigeração, pois a quebra da emulsão resultaria num produto rejeitado.

As gorduras naturais nem sempre podem ser utilizadas na preparação e processamento de alimentos; por isso foram desenvolvidos tratamentos em que é possível alterar os perfis de ácidos graxos de modo que torne a gordura mais adequada à necessidade tecnológica. Os principais processos são: o **fracionamento**, hidrogenação e transesterificação. O processo de fracionamento consiste na manutenção da gordura em temperaturas, nas quais os triacilgliceróis de cadeia longa (ou mais saturados) cristalizarão, coletando-se tanto a fase sólida (mais saturada ou de cadeia longa) como a líquida (mais insaturada ou de cadeia curta).

Esse processo é necessário para óleos usados em produtos que serão refrigerados, para que se previna a cristalização e turvação dos triacilgliceróis, como também em óleos usados em maionese e molho de salada. **Hidrogenação** é um processo químico que adiciona hidrogênios às duplas ligações, mediante aquecimento, agitação e adição de um catalisador, tornando os lipídeos mais sólidos em temperatura ambiente, mais estáveis oxidativamente e mais saturados. A ligação dupla que é regenerada e pode apresentar-se nas configurações cis ou trans. Neste caso, pode ser preocupante,

pois os ácidos graxos trans estão associados ao aumento do risco de doenças cardiovasculares.

Os produtos produzidos por hidrogenação incluem margarinas, gordura vegetal e óleos parcialmente hidrogenados que apresentam estabilidade oxidativa aumentada. A **transesterificação** é um processo que envolve o rearranjo de grupos acil na molécula do triacilglicerol. Quando o processo ocorre em um mesmo triacilglicerol é chamado de intraesterificação, e quando ocorre em um triacilglicerol diferente é chamado interesterificação. Alterando-se a composição de ácidos graxos e/ou triacilgliceróis, essas gorduras podem apresentar propriedades nutricionais ou físicas superiores. É usado para produtos com alto valor comercial como os substitutos de manteiga de cacau e lipídeos para alimentos infantis.

A qualidade de produtos alimentícios ricos em lipídeos está relacionada ao entendimento das diversas propriedades que os óleos e gorduras podem apresentar, pois os lipídeos influenciam na textura, na aparência e no sabor dos alimentos de diferentes formas. A **textura** dos alimentos pode ser influenciada pelo estado físico do lipídeo e pelo tipo de gordura, por exemplo, se ela é uma gordura estrutural ou uma gordura emulsionada. Para os óleos de cozinha ou óleos para salada, a textura está diretamente relacionada com a viscosidade desses óleos na temperatura de sua utilização.

Em produtos como chocolate, gordura vegetal (*shortenings*), produtos assados, manteiga e margarina a textura é atribuída à gordura parcialmente cristalina e, dependendo do tamanho e da concentração dos cristais presentes, suas propriedades de espalhabilidade, cremosidade, estabilidade e sensação bucal, podem ser afetadas. Cremes, sobremesas, molho de salada e maionese são emulsões alimentícias que têm sua textura cremosa atribuída às gotículas de gordura. Em produtos como bolachas, tortas, biscoitos, queijos e chocolates – formados por diferentes constituintes –, a crocância (ou firmeza) depende da formação de uma rede de cristais de gordura. A formação de grandes cristais de gordura durante o armazenamento causa uma percepção de granulosidade e arenosidade na boca, deixando o produto com uma qualidade sensorial indesejável.

A **aparência** é um atributo sensorial que influencia a aceitação de diversos produtos alimentícios como, por exemplo, a cor dos

óleos puros que pode ser afetada pelo conteúdo de clorofilas e carotenoides, além de serem translúcidos. Por outro lado, as gorduras se apresentam opacas devido à forma, tamanho e concentração de cristais. As emulsões alimentares podem ser opacas, turvas ou nebulosas porque a água não se mistura ao óleo, gerando um sistema em que as gotículas de uma fase estão dispersas em outra fase. Um defeito grave que pode ocorrer em chocolates e coberturas é a migração de gordura, ou seja, quando aparecem manchas brancas ou acinzentadas na superfície do produto, devido à cristalização da gordura nesses alimentos. A mudança morfológica dos cristais, sua fusão e recristalização acontecem principalmente devido às alterações na temperatura de armazenamento desses alimentos.

O **sabor** proveniente dos óleos e gorduras comestíveis provêm, principalmente, da oxidação de lipídeos e de impurezas naturais. No entanto, alimentos gordurosos sofrem diversas reações durante seu processamento e, dependendo do tipo e concentração dos lipídeos presentes, resulta na produção de aroma e sabor característico para cada alimento. A sensação bucal derivada dos lipídeos presentes nos alimentos é um atributo relacionado com a fusão dos cristais, produzindo uma sensação refrescante.

Os lipídeos presentes em alimentos gordurosos in natura ou processados, podem sofrer reações de degradação que afetam as características sensoriais e nutricionais. As principais transformações químicas nos lipídeos dos alimentos são: rancificação hidrolítica, rancificação oxidativa e a reversão.

A **rancificação hidrolítica** é uma transformação provocada por enzimas e agentes químicos que rompem a ligação éster dos lipídeos, promovendo uma lipólise e diminuindo a qualidade das gorduras, devido ao aparecimento de um sabor desagradável, também chamado *off-flavor*, por exemplo, o sabor de sabão. Os lipídeos do leite de coco e de dendê são os mais atingidos por essa reação, por apresentarem ácidos graxos de baixo peso molecular. As lipases são as principais enzimas envolvidas na rancificação de gorduras, pois estão presentes naturalmente nos alimentos ou podem ser de origem microbiana. O armazenamento a frio e a esterilização podem minimizar os efeitos negativos devido à reação de hidrólise dos ácidos graxos. Contudo, alimentos como iogurte e queijo apresentam um sabor e odor característicos devido

uma quantidade desejável de lipólise. Alguns microrganismos, como os do gênero *Pseudomonas* spp, produzem lipases que são termoestáveis, ou seja, elas resistem as altas temperaturas de processamento produzindo efeitos adversos nos alimentos.

A **rancificação oxidativa** ou auto oxidação é uma deterioração química que ocorre nos lipídeos que contem ácidos graxos insaturados e que leva a formação de compostos de baixo peso molecular como aldeídos, álcoois, hidrocarbonetos, cetonas, lactonas, ácidos graxos de cadeia curta, etc. que são responsáveis pelo aparecimento do ranço. O sabor de ranço devido a rancidez oxidativa é prejudicial a qualidade do alimento, no entanto, produtos como cereais desidratados, alimentos fritos e queijos apresentam pequenas quantidades dos produtos da oxidação gerando um sabor aceitável e desejável que caracterizam esses alimentos. Essa reação, que envolve a formação de radicais livres e pode ocorrer na ausência da luz, resulta da interação de lipídeos com o oxigênio e é dividida em 3 etapas: iniciação ou indução, propagação e terminação.

1. **Iniciação ou indução**: Nessa fase ocorre a formação de radicais livres, peróxidos, pela ação do oxigênio com os ácidos graxos insaturados, no entanto, não há alteração sensorial perceptível.
2. **Propagação**: Os peróxidos formados participam de reações de decomposição e formação de novos radicais livres, a partir de então, inicia-se alterações sensoriais como o aparecimento do odor característico. Vale salientar que, nessa fase a reação tem um elevado consumo de oxigênio.
3. **Terminação**. Se caracteriza quando os radicais livres reagem entre si originando produtos não reativos, ou seja, sem radicais livres para reagir com o oxigênio, a reação termina. O resultado dessa reação é uma grande alteração sensorial no aroma, na cor e viscosidade.

Os **pró-oxidantes** encontrados nos alimentos são elementos que causam ou aceleram a oxidação lipídica. O oxigênio singlete (é um estado excitado do oxigênio) reage de forma direta nas duplas ligações dos ácidos graxos gerando a produção de hidroperóxidos, é formado principalmente por substâncias fotossensoras (podem absorver energia da luz) em alimentos como a mioglobina, a clorofila e a riboflavina, mas também pode ser formado por

enzimas e quimicamente. As enzimas lipoxigenases também são consideradas pró-oxidantes, pois catalisam a oxigenação de alguns ácidos graxos insaturados (linoleico, linolênico e araquidônico) e produzem hidroperóxidos. As radiações ionizantes são consideradas pró-oxidantes porque alteram a molécula para o estado excitado, com isso promovem a formação de radicais livres. Os metais de transição (ferro, cobre, manganês) se associam as proteínas diminuindo a estabilidade oxidativa dos alimentos porque tem a capacidade de decompor hidroperóxidos em radicais livres. A luz UV e visível e temperaturas elevadas promovem a decomposição de hidroperóxidos e consequentemente geram radicais livres.

Os hidroperóxidos lipídicos formados são decompostos em outros radicais, que dependendo do tipo de ácido graxo e da localização do hidroperóxido no ácido graxo resultará na formação de diferentes produtos que causarão diferentes efeitos sobre as propriedades sensoriais, visto que, essa reação, depende do tipo de ácido graxo presente no alimento. Por exemplo, ácidos graxos ω-6 produzirão odores de grama e de feijão, já os ω-3 produzirão aromas de pescado.

Os **antioxidantes** são substâncias que retardam o aparecimento das reações de oxidação lipídica, e podem ser encontrados naturalmente no alimento ou podem ser adicionados durante o processamento. Compostos fenólicos, tocoferóis, fenólicos sintéticos e vegetais, ácido ascórbico e tióis são antioxidantes que removem os radicais livres, por competição, impedindo a reação em cadeia. Agentes quelantes ou complexantes, por exemplo o EDTA (etileno diaminotetracético), possuem propriedades antioxidante porque inibem a atividade dos metais. Os carotenoides são antioxidantes porque controlam a atividade do oxigênio singlete, ou permitindo que o oxigênio ataque as suas duplas ligações. Com isso, o carotenoide é degradado, ou através da transferência de energia o oxigênio singlete para o carotenoide, deixando-o no estado excitado e um oxigênio triplete no estado basal. Tratamento térmico e técnicas de melhoramento de plantas podem ser usadas como antioxidantes; o galato de propila, ter-butil-hidroquinona (TBHQ), butil-hidroxianisol (BHA) e o butil-hidroxitolueno (BHT) são antioxidantes porque vão ceder um hidrogênio a um radical lipídico livre, interrompendo a cadeia de radicais livres.

Assimile

Os lipídeos presentes em alimentos gordurosos, in natura ou processados, podem influenciar no sabor, na textura, aparência e aroma, assim como podem sofrer reações de degradação que afetam suas características como, por exemplo, a rancificação hidrolítica, a rancificação oxidativa e a reversão. Para minimizar os efeitos negativos das oxidações a tecnologia de alimentos pode utilizar de antioxidantes naturais e sintéticos, como também alguns processamentos para evitar os processos degradativos dos lipídeos ou alterar positivamente suas propriedades.

A reversão é uma reação de oxidação que contribui para a degradação de lipídeos, caracterizada pelo desenvolvimento de sabores e odores anormais durante o armazenamento ou processamento de alguns tipos de óleos ricos em ácidos graxos linoleico quando exposto ao ar.

Essa reação não pode ser evitada pela adição de antioxidante. Compostos de carbonila, álcoois, ésteres e ácidos são as substâncias voláteis resultantes dessa reação. Vários sabores foram identificados, por exemplo, que lembram feijão, manteiga, pescado, ferro, pepinos, melão, maçãs podres, avelãs rançosas, limões e batatas. O odor também é resultado da decomposição de hidroperóxidos, sendo o hexanal o aldeído mais comum, encontrado como determinante desses odores. Os óleos que mais sofrem esse processo são os de soja, de peixe, de milho e de canola.

Além de provocar alterações nos lipídeos, o produto de degradação da rancificação oxidativa, principalmente os peróxidos, pode provocar alterações em diversos componentes de alimentos, como proteínas, carotenoides, vitaminas e qualquer componente oxidável. Dessa forma, pode ocorrer uma alteração no valor nutricional do alimento. Assim, a tecnologia de alimentos utiliza uma mistura de antioxidantes para aumentar a estabilidade oxidativa e a vida de prateira dos alimentos. Para isso, utilizam-se substâncias com diferentes mecanismos de ação.

Os lipídeos dos alimentos podem ser quantificados através de vários métodos de análise. O método de Soxhlet e Goldfish são métodos que realizam a extração de lipídeos à quente, utilizando solventes orgânicos. O método de Bligh-Dyer consiste em extrair os lipídeos dos alimentos através da mistura de solventes à frio.

Quando a gordura está ligada à proteínas e carboidratos, o método mais utilizado para extrair a gordura é através da hidrólise ácida, processo de Gerber ou hidrólise alcalina, método de Rose-Gottlieb e Mojonnier. Quando é necessário analisar o perfil de ácidos graxos em uma amostra, ou seja, saber quais são os ácidos graxos que compõe o alimento, se aplica uma cromatografia gasosa.

Existem vários testes para avaliar a qualidade de óleos e gorduras, em que os mais utilizados são: índice de iodo, índice de saponificação, índice de acidez, índice de peróxido, índice de TBA (ácido tiobarbitúrico), determinação de ácidos graxos livres, teste de Kreis, etc. A escolha do método mais adequado depende de uma série de fatores que devem ser correlacionados com a amostra e as condições de processamento.

Reflita

Agora que você sabe as características dos lipídeos, reflita com seus colegas e professores sobre os seguintes itens:

- Qual a diferença entre óleo e gordura?
- Como a molécula de ácido graxo na configuração trans se apresenta no espaço? Qual a diferença da configuração cis?
- É possível modificar quimicamente uma gordura para melhorar seu valor nutritivo e ser menos absorvida?
- É possível transformar uma gordura insaturada em uma gordura saturada através de uma reação química? Essa reação traz benefícios tecnológicos? E nutricionais?
- Quais as consequências da ingestão de lipídeos oxidados para as células do organismo humano?
- Qual a diferença química entre o oxigênio singlete e triplete?

Pesquise mais

Para aprofundar seus conhecimentos sobre os lipídeos consulte os seguintes materiais:

Conheça os principais ácidos graxos saturados e insaturados em alimentos:

- ORDÓNEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 35. v. 1.

Veja a tabela de composição de ácido graxos em diferentes alimentos:

- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Conheça os métodos para avaliar oxidação lipídica no artigo:

- SILVA, F. A. M; BORGES, M. F. M; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1143>. Acesso em: 28 nov. 2017.

Entenda as diferenças básicas entre lipídeos ω-3, ω-6 e ω-9, no artigo:

- ADITIVOS & INGREDIENTES. Ômegas 3, 6 e 9: entenda as diferenças e seus benefícios à saúde. Disponível em: <http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquiv os/201605/2016050305014001463408567.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2018.

Sem medo de errar

Trabalhar com alimentos que tenham em sua composição uma grande ou pequena quantidade de gordura é uma tarefa difícil, e Mateus sabe bem como é complicado acertar na escolha do método mais eficaz para evitar ou retardar o aparecimento de aromas e sabores estranhos derivados da oxidação lipídica. Essa reação prejudica a qualidade sensorial e nutricional do produto, muitas vezes deixando-o inaceitável para o consumo. Para alcançar o objetivo, Mateus estudou uma série de fatores que afetam a velocidade da reação de rancificação, de modo que, independentemente do tipo de alimento e processamento, seja possível aplicar a estratégia mais adequada.

A seguir, no relatório final da pesquisa de Mateus, é possível analisar os principais fatores que irão intervir nos processos de degradação do alimento através das seguintes reações oxidativas:

1. Redução da concentração de oxigênio ou remoção do sistema é uma boa alternativa. Isso é possível ser feito em

condições de vácuo ou substituição completa do oxigênio por um gás inerte, por exemplo, o nitrogênio.

2. A velocidade da reação aumenta juntamente com a temperatura; no entanto, o controle deve ser bem feito pois, em alguns casos, o aumento da temperatura poderá diminuir a velocidade de reação devido à desnaturação de enzimas envolvidas.
3. Temperaturas de refrigeração e congelamento permitem que as reações de oxidação aconteçam. Logo, é importante definir o tempo que o alimento passará sob essas condições antes de apresentar qualquer alteração sensorial.
4. A área de superfície de lipídeos influencia na velocidade de oxidação, porque aumenta a exposição ao oxigênio e aos pró-oxidantes. Superfícies proteicas retardam a oxidação e superfícies glicídicas aceleram essa reação.
5. A atividade de água pode influenciar na velocidade da oxidação de duas formas. À medida que a água é retirada do alimento, a velocidade da reação diminui, pois dificulta a mobilidade dos metais de transição e do oxigênio. Porém, caso a atividade de água do alimento alcance o valor 0,3 (ou menos), haverá o aumento da velocidade de reação por perda da água de solvatação que recobre os hidroperóxidos lipídicos.
6. É importante saber qual o tipo de gordura que compõe o alimento, ou seja, o grau de insaturação e o tipo de ácido graxo presentes na molécula, pois isso influencia a velocidade da reação. Por exemplo, o ácido linoleico e o linolênico oxidam-se mais rápido do que o oleico.
7. Um potente acelerador das reações de oxidação é a exposição do alimento à luz. Por isso, faz-se necessário evitar a sua incidência direta nos alimentos que possuem maior probabilidade em rancificar.
8. Observar o material utilizado para o armazenamento de alimentos ricos em gordura é uma excelente estratégia para minimizar as possibilidades da reação de oxidação.
9. Saber a composição natural do alimento em relação ao teor de pró e antioxidantes ajuda a tomar decisões de processamento.

10. Se o alimento estiver contaminado com traços de gordura oxidada, ela será um catalisador da reação. A partir disso, deve-se observar a limpeza da zona de processamento.

Após a análise de todos esses fatores, Mateus conseguiu correlacionar os processamentos aplicados aos alimentos com as características dos produtos formados e, assim, deixar o alimento em condições ideais de consumo sem apresentar alterações sensoriais e nutricionais. Com isso, o valor agregado ao produto aumenta, pois sua vida de prateleira será estendida.

Avançando na prática

Gordura que não engorda?

Descrição da situação-problema

Os lipídeos da dieta costumam ser relacionados negativamente quando o assunto é saúde, pois a obesidade, diabetes e doenças cardíacas apresentam uma forte associação com a gordura ingerida. Isso se deve ao fato de as gorduras apresentarem alta densidade calórica e também de os ácidos graxos saturados aumentarem os níveis de LDL no sangue. Apesar de sua vasta experiência em desenvolvimento de produtos, Denis ainda não conseguiu desenvolver alimentos que tivessem lipídeos com baixa caloria, mas tem trabalhado para que isso ocorra. Será que é possível? Quais as possibilidades de produzir gorduras de baixa caloria? É possível produzir alimentos sem gordura, mas com as mesmas propriedades sensoriais?

Resolução da situação-problema

A tecnologia vem trabalhando muito nesse sentido, pois produzir alimentos com baixo teor de gordura, mas que tenham os mesmos atributos sensoriais, é uma excelente ideia e um grande desafio. Para que isso ocorresse, foi necessário o desenvolvimento de miméticos de gordura, ou seja, são compostos não lipídicos que podem ser utilizados para substituir as gorduras na elaboração de alimentos processados. A Procter and Gamble desenvolveu o "Olestra", o primeiro lipídeo não calórico comercial, que foi produzido como um éster de ácidos graxos da sacarose. Sua principal característica é a presença de 6 ácidos graxos esterificados na molécula de sacarose, o que impede de ser reconhecido pelas lipases. Desse modo, não será degradado e consequentemente não será absorvido pelo organismo, pois passará pelo trato intestinal e será liberado nas fezes.

O "Salatrim" (*short and long chain acyl trigleiceride molecule*) da Nabisco é um lipídeo estruturado que tem sido utilizado pela indústria de alimentos por sua baixa densidade calórica. Formado por ácidos graxos de cadeia curta e ácido esteárico, o "Salatrim" é metabolizado da mesma maneira como as outras gorduras, por isso, ele causa a mesma sensação de saciedade. De posse da possibilidade de obter esses substitutos de gordura, Denis passou a experimentar diversas formulações com o intuito de produzir alimentos mais saudáveis com características sensoriais altamente aceitáveis pelos consumidores. Além de substitutos de gordura, Denis estuda a função dos lipídeos bioativos, como os ácidos graxos ω-3, o ácido linoleico conjugado, os fitoesteróis e os carotenoides, e suas possíveis aplicações em produtos alimentícios processados com o intuito de enriquecer e melhorar ainda mais as propriedades nutricionais dos produtos elaborados.

Faça valer a pena

1. Analise as afirmações abaixo sobre lipídeos:

I. Os lipídeos podem ser classificados de acordo com o tipo de ligações químicas como: 1. Lipídeos que possuem apenas ligações simples. 2. Lipídeos que possuem apenas uma insaturação. 3. Lipídeos que possuem duas ou mais insaturações. Esses lipídeos são chamados, respectivamente, de saturados, insaturados e poli-insaturados.

II. Os ácidos graxos essenciais são importantes porque fazem parte das membranas celulares e são precursores das prostaglandinas e leucotrienos. Os principais são os ácidos oléico (18:1), linoleico ou ômega 6 (18:2), linolênico ou ômega 3 (18:3). São chamados de ácidos graxos essenciais porque não são sintetizados pelo homem e devem ser oriundos da dieta.

III. O Sistema Ômega é baseado no grupamento metil terminal (carbono ômega). Os ácidos ômega-3 recebem essa denominação devido ao fato de terem uma dupla ligação no terceiro carbono a partir do último átomo de carbono metílico CH3 (carbono ômega).

IV. De acordo com o caminho biossintético de cada ácido graxo, a localização da primeira dupla ligação é numerada a partir do grupo ácido carboxílico e designada com a letra ω. Existem três famílias mais comuns: ω-3, ω-6, ω-9.

Após a análise das afirmativas acima sobre as estruturas e características de lipídeos, assinale a alternativa correta:

a) É verdadeiro o que se afirma em I, II e VI, mas é falso o que se afirma em III.
b) É verdadeiro o que se afirma em II, III e VI, mas é falso o que se afirma em I.
c) É verdadeiro o que se afirma em I, III e VI, mas é falso o que se afirma em II.
d) É verdadeiro o que se afirma em I, II e III, mas é falso o que se afirma em IV.
e) É verdadeiro o que se afirma em I, II, III e IV.

2. Sobre os lipídeos é correto afirmar:

I. Todos os óleos e gorduras são ésteres de ácidos graxos e glicerol, e a diferença entre esses compostos se deve à composição química dos ácidos graxos e a posição desses ácidos na molécula do glicerol.

II. Os aditivos usados para evitar os processos de degradação de lipídeos nos alimentos são principalmente os antioxidantes, que através da sua ação conseguem inibir ou retardar o aparecimento do ranço nos alimentos.

III. A reversão é uma reação de oxidação de lipídeos que se caracteriza principalmente pelo aparecimento de sabor e aroma de ranço. Esse ranço pode ser causado pela oxidação de hidroperóxidos com o surgimento do hexanal, um aldeído característico dos óleos, essa reação pode ser retardada pela ação de antioxidantes.

Assinale a alternativa que corresponde a resposta correta:

a) A afirmativa I está certa.
b) A afirmativa II está certa.
c) As afirmativas I e II estão corretas.
d) As afirmativas I e III estão certas.
e) As afirmativas II e III estão certas.

3. Ricardo é biomédico e foi contratado para estagiar no laboratório de bromatologia de uma indústria de processamento de óleos vegetais e participar do desenvolvimento de uma margarina com propriedades sensoriais de textura superior às encontradas no mercado, de modo que esse produto seja bem aceito pelos consumidores de margarina. Ricardo escolheu as seguintes matérias-primas para a elaboração do produto: óleos vegetais poli-insaturados, ácido cítrico e EDTA, que devem adquirir textura cremosa para serem usados.

Qual o processamento que deve ser aplicado nos óleos para atingir o objetivo?

a) Reação de oxidação.
b) Reação de interesterificação.
c) Reação do grupo carboxílico.
d) Reação de fracionamento.
e) Reação de hidrogenação.

Referências

ARAÚJO, Júlio M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. 4. ed. Viçosa: UFV, 2008.

BOBBIO, Paulo. A.; BOBBIO, Florinda O. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992.

_____. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992.

CANAL BROMATOLOGIA. Composição centesimal: determinação de proteínas pelo método de Kjeldahl. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=m2jc6--Y2Uk>. Acesso em: 14 nov. 2017. (**Vídeo do YouTube**)

_____. Determinação de proteínas totais: método de Biureto e Bradford. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ylfNP9nkJfQ>. Acesso em: 14 nov. 2017. (**Vídeo do YouTube**)

CECCHI, Heloisa M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Unicamp, 1999. p. 87-95.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk. L.; FENNEMA, Owen R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ESKIN, Michael; HOEHN, Ernest. Frutas e vegetais. In: ESKIN, Michael. **Bioquímica de alimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998. p. 39-53.

ORDÓNEZ, Juan A. **Tecnologia de alimentos:** componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 33-48. v.1.

SGARBIERI, Valdomiro C. **Proteínas em alimentos proteicos**. 1. ed. São Paulo: Varela, 1996.

TECNAL EQUIPAMENTOS CIENTÍFICOS. Sistema para determinação Kjeldahl de proteína. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UK5Y2FgnZXc>. Acesso em: 14 nov. 2017. (**Vídeo do YouTube**)

Vitaminas, minerais e aditivos

Convite ao estudo

Prezado aluno, estudar os constituintes minoritários dos alimentos é uma etapa que exige bastante atenção, pois, mesmo estando presente em pequenas quantidades, as vitaminas, os minerais e os aditivos interferem nas características sensoriais e nutricionais dos alimentos. É importante preservar ao máximo esses compostos em alimentos processados e armazenados, evitando perdas ou adicionando ao produto final.

Nesta Unidade 4, você terá pleno domínio da competência técnica, que é compreender como as vitaminas, os minerais e os aditivos participam da manutenção das propriedades químicas, físicas, sensoriais e nutricionais dos alimentos e como essas características influenciam no desenvolvimento de produtos.

Vitaminas, aminas vitais! Quem não quer ser vitaminado? Vitamina é sinônimo de algo bom, que dá energia e deixa forte. Alimentos de origem animal e vegetal contêm essas substâncias fundamentais para o perfeito funcionamento metabólico.

Valdir, engenheiro de alimentos, monitora as reações de degradação que as vitaminas podem sofrer ao longo do processamento e armazenamento de alimentos. Tendo em vista a importância das vitaminas para o homem, será que Valdir conseguirá desenvolver alimentos que supram a necessidade diária de vitaminas e garantam um bom funcionamento celular? Na Seção 4.1, discutiremos como resolver essa questão.

Após a queima de toda a matéria orgânica presente em um alimento, o que restam são as cinzas, ou o resíduo inorgânico, ou os minerais. Óxidos, sulfatos, fosfatos e cloretos são algumas formas como essas matérias se apresentam nas cinzas. Qual é

a importância tecnológica e nutricional dos minerais? Quais são as implicações de conhecer o teor de cinzas dos alimentos? Como evitar perdas dos minerais essenciais? Essas são algumas questões que serão abordadas na Seção 4.2 desta unidade.

Não contém aditivos, então este alimento deve ser bom! Assim, com essa ideia, é que a maioria dos consumidores escolhe seus produtos. No entanto, não é bem assim... Será que aditivo é sinônimo de "química do mal"? Alimentos com aditivos perdem seu valor nutricional? A Seção 4.3 discutirá a importância dos aditivos utilizados em alimentos e sua contribuição na formulação e conservação de alimentos industrializados.

No decorrer desta unidade de ensino, entenderemos a importância dos micronutrientes presentes nos alimentos. Na Seção 4.1, abordaremos a classificação, toxicidade e biodisponibilidade das vitaminas. Já na Seção 4.2, falaremos sobre as propriedades dos minerais e sua importância na elaboração de alimentos fortificados. Por fim, na Seção 4.3, discutiremos os principais aditivos utilizados na indústria de alimentos e sua correlação com as características dos produtos processados. Bons estudos!

Seção 4.1

Vitaminas

Diálogo aberto

A sociedade moderna está cada vez mais dependente de alimentos processados e formulados industrialmente, e para que os alimentos sejam produzidos de forma adequada nutricionalmente, é fundamental a compreensão de como as vitaminas são perdidas e como deve ser feito o controle dessas perdas. A deficiência nutricional gera um problema de saúde pública, pois muitas doenças ocorrem devido à deficiência na ingestão de alimentos que contenham quantidades de vitaminas adequadas ao perfeito funcionamento do organismo humano.

Como engenheiro de alimentos, Valdir está trabalhando para produzir alimentos que possam desempenhar esse papel, ou seja, o de ser, realmente, um produto com alto valor nutritivo. Ele observou que moer, triturar e remover certas partes dos cereais causa um enorme prejuízo no conteúdo de vitaminas. O que fazer para que os cereais mantenham suas vitaminas? É possível a fortificação de produtos lácteos com ergocalciferol ou colecalciferol? Como aumentar a quantidade de α-tocoferol em alimentos? É viável a estratégia de melhorar o valor nutritivo do alimento acrescentando nutrientes? Existem normas para isso? Quem fornece essas vitaminas e como deve ser sua estabilidade química? Quanta dúvida para ser respondida! Valdir, então, começa seu trabalho para descobrir meios de produzir alimentos de qualidade superior para uma população necessitada de nutrientes.

Não pode faltar

As vitaminas são micronutrientes essenciais na nutrição do organismo, ou seja, são encontradas em pequenas quantidades nos alimentos, por isso é interessante que, ao submeter um alimento a determinados tratamentos tecnológicos, haja uma preocupação em minimizar os processos degradativos que possam ocorrer com as vitaminas, por exemplo, a lixiviação e a oxidação, que são processos conhecidos por causar perdas de vitaminas em alimentos.

De acordo com a solubilidade, as vitaminas são classificadas em lipossolúveis, solúveis em gorduras, representadas pelas vitaminas A, D, E e K; e hidrossolúveis, solúveis em água, constituídas pelas vitaminas tiamina (B1), ácido ascórbico (vitamina C), riboflavina (B2), niacina, nicotinamida, piridoxina (B6), folato, biotina, ácido pantotênico (B3) e cobalaminas (B12). Ocasionalmente, colina, betalaína, carnitina, pirroloquinolina quinona e coenzima Q10 podem ser consideradas vitaminas essenciais.

De uma forma geral, as funções das vitaminas estão correlacionadas com sua capacidade em atuar como cofatores na regulação genética, na regulação de reações bioquímicas, como componentes para o sistema de defesa corporal, como coenzimas ou seus precursores e, em alguns casos, podem ser precursores de hormônios. As vitaminas podem estar envolvidas como precursoras de sabor, são agentes redutores, podem ser desativadoras de radicais, podem funcionar como reagentes nas reações de escurecimento e agir como antioxidantes.

As necessidades de vitaminas para o organismo humano dependem da sua estrutura química, ou seja, do tipo, e é influenciada pela idade, pelo sexo, pela gestação e amamentação, pelas condições fisiológicas do indivíduo, pela atividade física e pela nutrição. As vitaminas não são sintetizadas pelo organismo e possuem diferentes estruturas químicas, variadas funções e modos de ação. Vale salientar que algumas estruturas podem ser transformadas em vitaminas metabolicamente pelo ser humano, por exemplo alguns esteróis e carotenoides, que são considerados provitaminas.

Conhecer as propriedades e a estabilidade das vitaminas isoladas, ou seja, extraídas e purificadas, não é suficiente para entender o comportamento das vitaminas presentes nos alimentos, visto que existem vários fatores envolvidos, como atividade de água, pH, força iônica, catalizadores enzimáticos, proteínas, açúcares redutores, radicais livres, etc.

Apesar de os alimentos serem as fontes naturais de vitaminas, atualmente elas também são consumidas na forma de suplementos, os quais, em alguns casos, representam a fonte principal de ingestão. Alimentos dietéticos e medicinais, soluções intravenosas e fórmulas enterais são fabricados de modo a fornecer toda a necessidade de vitaminas que o indivíduo precisa. No entanto,

casos de toxicidade relatados na literatura estão associados à suplementação nutricional, assim como por fortificação excessiva e inadvertida, reforçando a necessidade de intervenção de órgãos de fiscalização para a regulamentação e saúde pública.

Exemplificando

As vitaminas lipossolúveis não são prontamente excretadas do organismo, com exceção da vitamina K, enquanto que as vitaminas hidrossolúveis são rapidamente eliminadas, com exceção das vitaminas B6 e B12, as quais são armazenadas mais rapidamente que as outras.

As vitaminas sintetizadas em laboratório são os mesmos compostos químicos, logo, exercem as mesmas funções no corpo, sem qualquer prejuízo. Normalmente, as vitaminas sintetizadas são mais estáveis quimicamente durante o armazenamento de alimentos.

Embora uma excessiva ingestão de vitaminas possa, em teoria, causar uma certa toxicidade ao indivíduo, a maioria de relatos é sobre a possível toxicidade da vitamina A. Já as vitaminas E e as hidrossolúveis – niacina, vitamina B6 e vitamina C – podem causar efeitos tóxicos, caso haja a ingestão em grandes quantidades, aproximadamente de 15-100 vezes acima do recomendado.

A carência aguda de vitaminas pode causar enfermidades, dessa forma é necessário avaliar clinicamente a necessidade mínima do indivíduo para cada vitamina específica, através da observação do aparecimento dos sintomas conhecidos de deficiência e determinando a quantidade necessária para corrigir a carência. A medida dos níveis plasmáticos de vitaminas pode servir para se determinar o estado de saúde do indivíduo e saber se a ingestão diária está adequada às necessidades. As quantidades de vitaminas hidrossolúveis excretadas pela urina podem indicar a situação dos tecidos, embora sejam influenciadas por insuficiência metabólica ou nutricional, assim como por uma má absorção de vitaminas.

Para que o nutriente ingerido seja considerado biodisponível, é necessário que sofra absorção intestinal, bem como exerça sua função metabólica dentro do organismo. Composição da dieta, forma química da vitamina, interação com outros constituintes dos alimentos, além dos efeitos de processamento e armazenamento de alimentos, são fatores que influenciam a biodisponibilidade das vitaminas.

Independentemente de as vitaminas estarem presentes naturalmente ou de serem adicionadas, o fato é que haverá perdas significativas devido à fabricação, à distribuição, à comercialização, ao armazenamento e à preparação nos tratamentos pós-colheita de vegetais e na manipulação pós-abate.

Os processos degradativos das vitaminas contidas nos alimentos são contínuos, dificilmente é possível não ter perdas, mas é possível minimizá-las. Para isso, é necessário que algumas etapas de processo passem por avalição nutricional constantemente, para que seja possível o monitoramento da conservação de vitaminas em alimentos processados.

É possível observar diversas causas que levam às variações do teor de vitaminas nos alimentos. Analisando a concentração de vitaminas em frutas e vegetais, é possível observar que os cultivares, a fase de maturação, as práticas agrícolas (tipo e quantidade de fertilizantes), as condições geográficas, a época de colheita e o clima afetam a quantidade de vitaminas em cada alimento testado. Já os cereais e as leguminosas, como são colhidos em um estágio de maturidade uniforme, apresentam pouca mudança no conteúdo de vitaminas durante seu desenvolvimento. Nos animais, a variação no teor de vitaminas é devido, principalmente, à origem do animal, da dieta e da genética.

Após a colheita ou a morte do animal, os tecidos continuam suas atividades enzimáticas oxidativas e hidrolíticas devido à deterioração da integridade celular, contribuindo, assim, para causar alterações na forma química e na atividade das vitaminas. Essas mudanças que acontecem entre a colheita e o processamento podem afetar tanto a concentração de vitaminas quanto sua biodisponibilidade. Uma forma de minimizar essas perdas é o armazenamento refrigerado.

Descascar, limpar, lavar e moer são tratamentos preliminares, tanto no processamento industrial como no preparo doméstico, que causam perdas inevitáveis de vitaminas. A lixiviação ou extração aquosa de vitaminas hidrossolúveis pode acontecer se os tecidos vegetais ou animais tiverem contato com a água, como no caso de cortes por soluções aquosas, durante a lavagem, transporte por fluxo de água e exposição à salmoura durante o cozimento. Normalmente, os cereais são triturados e fracionados, ocorrendo

nesses casos a eliminação de gérmen e tegumentos, promovendo perdas de vitaminas que estão nesses locais.

Antes de serem processadas, frutas e vegetais passam pelo processo de branqueamento, que consiste em um tratamento térmico brando, com o objetivo de inativar enzimas, reduzir a carga microbiana e diminuir os gases intersticiais, acarretando um efeito benéfico na manutenção da estabilidade de vitaminas. Se o branqueamento for feito com água quente, pode promover perda de vitaminas hidrossolúveis por lixiviação. Durante o processamento térmico, pode ocorrer perdas de vitaminas por oxidação. As perdas de vitaminas devido a temperaturas altas dependem de vários fatores, como: composição dos alimentos, pH, umidade relativa do ar, presença de metais, estabilidade da vitamina, oxigênio dissolvido, etc. Somente após a análise criteriosa é possível correlacionar perdas e processamento.

O armazenamento de alimentos após os processamentos térmicos tem um pequeno efeito, mas significativo, em relação ao conteúdo de vitaminas. Quando o armazenamento é feito à temperatura de refrigeração, as reações de degradação são mais lentas ou reduzidas, ocorre a redução do oxigênio dissolvido e, geralmente, o pH diminui, aumentando a estabilidade de algumas vitaminas.

A atividade de água influencia a estabilidade de vitaminas, por exemplo alimentos com atividade de água inferior ou igual à monocamada (Aw = 0,2-0,3) apresentam pouca degradação nas vitaminas hidrossolúveis na ausência de oxidantes lipídicos. Vitaminas lipossolúveis e carotenoides podem sofrer perdas devido à oxidação quando os alimentos passam por uma desidratação excessiva.

A composição química do alimento é um fator de grande influência na estabilidade e no teor de vitaminas presentes. A presença e a concentração de agentes oxidantes podem degradar, principalmente, as vitaminas C, A, E, folato e carotenoides. Agentes redutores aumentam a estabilidade de vitaminas oxidáveis presentes nos alimentos. O tratamento dos alimentos com água clorada não produz efeitos deletérios se for aplicado somente na superfície do produto. A aplicação de sulfito para evitar o escurecimento enzimático ou o crescimento microbiano pode ter efeito protetor da vitamina C e prejudicar a estabilidade da tiamina. Durante a produção de carnes curadas, é utilizado o nitrato como conservante, no

entanto a adição de vitamina C previne a formação de nitrosaminas, substâncias potencialmente tóxicas.

O pH dos alimentos pode ser influenciado por produtos químicos e ingredientes, afetando diretamente a estabilidade das vitaminas tiamina e do ácido ascórbico, sendo que a acidificação aumenta a estabilidade dessas vitaminas, enquanto que compostos alcalinizantes diminuem a estabilidade delas, do ácido pantotênico e de alguns folatos.

O material da embalagem, assim como suas características de permeabilidade à luz, ao oxigênio e ao vapor d'água, podem afetar a estabilidade das vitaminas. Pequenas latas e recipientes não cilíndricos minimizam as perdas de vitaminas durante o tratamento térmico.

A partir de todos os aspectos mencionados, é possível correlacionar, de um modo geral, as características das vitaminas, no entanto é necessário o estudo de cada uma individualmente, devido às suas diferentes estruturas químicas e às suas diversas funções metabólicas, assim como diferentes comportamentos frente aos processos tecnológicos.

Assimile

As vitaminas podem ser classificadas em hidrossolúveis e lipossolúveis. É importante entender como ocorrem as perdas de vitaminas nos alimentos que são processados e armazenados, para que seja possível o desenvolvimento de estratégias que visem a minimizar essas perdas, tanto pela alteração dos processos tecnológicos como pela possibilidade de adicionar vitaminas aos alimentos. De uma forma geral, o método mais eficiente para a determinação de vitaminas em alimentos é a cromatografia líquida de alto desempenho (CLAD).

Vitaminas lipossolúveis

Vitamina A: essa vitamina engloba o álcool retinol e os carotenoides. O retinol é liberado dos alimentos pela hidrólise enzimática no lúmen intestinal, e os carotenoides são digeridos no estômago após serem liberados enzimaticamente. Está relacionada, principalmente, com a integridade da córnea, regula a expressão gênica que codifica a síntese de várias proteínas, contribui para a manutenção de linfócitos, regula o crescimento e o desenvolvimento dos tecidos do sistema musculoesquelético e, ainda, por ter efeito antioxidante, em condições de concentração reduzida de oxigênio,

pode proteger o DNA e os lipídeos das membranas celulares contra espécies reativas de oxigênio. A isomerização geométrica e a autoxidação são as principais reações de degradação dessa vitamina. A cromatografia líquida de alto desempenho (CLAD) é o método mais adequado para a determinação de vitamina A.

Vitamina D: é responsável, principalmente, pela manutenção da homeostase do cálcio e de outros minerais. Ergosterol, ergocalciferol (D_2) e colicalciferol (D_3) são as estruturas químicas associadas à atividade da vitamina D. O colicalciferol precisa da exposição à luz solar para ser formado na pele humana; já o ergocalciferol pode ser formado pela irradiação UV (ultravioleta) do fitoesterol. A vitamina D pode ser degradada pela luz, mas, em condições anaeróbias, quase não ocorre degradação. A quantificação da vitamina D é realizada, principalmente, por CLAD.

Vitamina E: é formada por tocoferóis e tocotrienóis. O **α**-tocoferol é o que tem a maior atividade biológica. A vitamina E presente nos alimentos é separada dos ácidos graxos enzimaticamente, sendo absorvida por difusão pelos enterócitos. Está relacionada com a fertilidade e é um potente antioxidante dos lipídeos das membranas celulares. Os tocofenóis e os trocotrienóis presentes naturalmente nos óleos vegetais insaturados contribuem para a estabilidade química desses óleos por meio da ação antioxidante. São razoavelmente estáveis na ausência de oxigênio. A presença de oxigênio molecular e de radicais livres promove a degradação da vitamina E. O método mais moderno de análise dessa vitamina é o CLAD.

Vitamina K: são naftoquinonas, cuja função bioquímica é a participação na síntese de fibrina, proteína envolvida na coagulação sanguínea. Vários métodos por CLAD fornecem dados específicos para a medição da vitamina K em alimentos.

Vitaminas hidrossolúveis

Tiamina: quimicamente, ela é uma pirimidina ligada por ponte de metileno a um grupo tiazol. A tiamina é estável à oxidação e à luz, no entanto, em pH neutro e alcalino, ela perde sua estabilidade. Em alimentos hidratados e armazenados em temperatura moderada, podem ocorrer perdas de tiamina. Apresenta excelente estabilidade em alimentos com baixa atividade de água em temperatura ambiente. Essa vitamina desempenha importante papel no metabolismo de carboidratos e gorduras. A deficiência na ingestão de tiamina

ocasiona a acidose lática, por acúmulo de piruvato, e o beribéri, que afeta o sistema nervoso e cardiovascular. Para a quantificação de tiamina em alimentos, é necessária sua extração em soluções ácidas diluídas. Sua determinação é feita por CLAD e, depois, por um tratamento com fosfatase.

Riboflavina: pertence à família das flavinas e funciona como precursora das coenzimas FAD (flavina adenina dinucleotídeo) e FMN (flavina mononucleotídeo) envolvidas nos processos de oxidorredução. Em meio ácido, é mais estável, e em pH neutro, é menos estável, no entanto é rapidamente degradada no meio básico. Sua estabilidade durante o processamento térmico convencional, a manipulação e a preparação de alimentos é ótima. A fotoxidação da riboflavina presente no leite causa o aparecimento de um sabor indesejado se armazenado em garrafas de vidro. Métodos fluorimétricos e por CLAD são utilizados para medir essa vitamina em alimentos.

Niacina: a nicotiamida adenina dinucleotídeo (NAD) e a nicotiamida adenina dinucleotídeo fostato (NADP) são as coenzimas formadas pelo ácido nicotínico ou pela nicotiamida. Em condições ácidas ou alcalinas, a ação do calor converte a nicotiamida em ácido nicotínico sem perdas de atividade vitamínica. A niacina é estável à luz e a temperaturas de processamento de alimentos. As perdas de niacina acontecem por meio de lixiviação na lavagem, branqueamento, processamento ou gotejamento de exsudato dos tecidos. Em alimentos, a principal forma de quantificar o ácido nicotínico e a nicotiamida é através de método de CLAD, mas pode ser usado o método que consiste em uma reação química da niacina com o brometo de cianogênio, formando um cromóforo.

Vitamina B_6: ocorre em várias formas, no entanto a forma piridoxal 5'-fosfato (PLP) e a piridoxamina 5'-fosfato (PMP) estão envolvidas nas reações do metabolismo de carboidratos, lipídeos, aminoácidos e neurotransmissores. Suas formas podem sofrer alterações químicas por conversão de formas, luz, calor e complexação irreversível com aminoácidos, peptídeos e proteínas. Todas as formas apresentam excelente estabilidade em pH baixo. Os métodos de CLAD em fase reversa ou troca iônica com detecção fluorimétrica são as mais usadas para quantificar as formas químicas dessa vitamina.

Cobalaminas (Vitamina B_{12}): são compostos que possuem

um anel tetrapirrólico com um íon cobalto no centro ligado covalentemente aos quatro nitrogênios pirrólicos. São sintetizadas por microrganismos. O aquecimento prolongado de alimentos em pH neutro ou próximo dele pode induzir perdas dessa vitamina, no entanto, para a maioria das condições de processamento, preservação e armazenamento, foram observadas poucas perdas significativas da vitamina B12. Nos alimentos, a forma de determinar a concentração de cobalaminas é através da análise por crescimento microbiológico com a utilização do *Lactobacillus leichmannii* ou através de radioligantes.

Folatos: estão envolvidos na biossíntese de ácidos nucleicos e no metabolismo de aminoácidos. Participam da síntese de metionina e da conversão de histidina em ácido glutâmico, além da formação de células sanguíneas. A forma mais estável do folato é o ácido fólico, por isso é adicionado aos alimentos e utilizado em pílulas vitamínicas. Durante o processamento e armazenamento de alimentos em baixa umidade, ocorre pouca degradação das diferentes formas dessa vitamina. Os folatos podem ser perdidos por lixiviação devido à cocção em meio aquoso. Sua estabilidade é função do pH, da concentração de oxigênio e da temperatura. Quantificar os folatos em alimentos é muito difícil devido às várias formas dessa vitamina, no entanto são utilizados métodos por CLAD, de crescimento microbiológico e procedimentos de radioensaios de ligações competitivas.

Biotina: ocorre de forma natural e biologicamente ativa como D-biotina e biocitina, que desempenha uma função na síntese de ácidos graxos. Quando exposta ao calor, luz e oxigênio, essa vitamina se mantém estável. Se o pH estiver muito alto ou muito baixo, pode ocorrer degradação. Foi observado que houve pouca degradação da biotina durante o armazenamento, em baixa umidade, de cereais enriquecidos. Métodos por CLAD, ensaios microbiológicos ou procedimentos que envolvem avidina como ligante proteico são usados para a quantificação de biotina em alimentos.

Ácido pantotênico: é um componente da coenzima A. É mais estável em pH 5-7. Em alimentos com atividade de água reduzida, o ácido pantotênico é mais estável. Dependendo da temperatura de cocção e do tratamento térmico, pode-se ter de 30 a 80% de perdas dessa vitamina nos alimentos. Atualmente, determina-

se a quantidade de ácido pantotênico em alimentos por análise microbiológica ou radioimunoensaios.

Ácido ascórbico (vitamina C): é muito utilizado como aditivo alimentar devido à sua atividade redutora e antioxidante. Participa da síntese de colágeno, síntese de carnitina, síntese de neurotransmissores, no metabolismo da tirosina e aumenta a absorção de ferro. Quando o vegetal é cortado ou descascado, podem ocorrer perdas do ácido ascórbico por lixiviação. O ácido ascórbico sofre oxidação catalisada por íons metálicos, calor e luz. A velocidade da reação de oxidação do ácido ascórbico também é influenciada pela concentração de oxigênio, pela atividade de água e pelo pH. Ervilhas, espinafre, feijão-verde e quiabo sofrem perdas de vitamina C por congelamento em função da composição do alimento e das condições de armazenamento. Quaisquer que sejam os mecanismos de degradação, caso ocorra a abertura do anel lactona, há uma destruição irreversível do ácido ascórbico. A determinação de ácido ascórbico pode ser feita por análise espectrofotométrica, titulação com 2,6-diclorofenolindofenol, tratamento direto com fenilidrazina, muitos métodos por CLAD, cromatografia gasosa e espectrometria de massa.

A análise precisa das vitaminas é difícil, já que cada uma delas se encontra em diferentes formas químicas, com diferentes atividades biológicas e, frequentemente, a quantidade presente no alimento é na ordem de microgramas.

Realmente, não há dúvidas sobre a importância nutricional das vitaminas. É extremamente necessária uma dieta que contenha as recomendações diárias de vitaminas para um indivíduo. Por isso, a indústria de alimentos tem a preocupação em manter ou adicionar essas substâncias aos seus produtos, para garantir uma alimentação mais saudável para os consumidores de alimentos processados.

Reflita

Agora que você aprendeu sobre as vitaminas, reflita com seus colegas, professor ou tutor os seguintes questionamentos:

- Quanto mais vitamina melhor?
- Um alimento processado industrialmente pode conter as quantidades de vitaminas necessárias ao bom funcionamento do organismo humano? Como?

- Se o indivíduo está tomando suplementos de vitaminas, ele ainda precisa incluir frutas e vegetais na sua dieta?
- Vitaminas são realmente importantes?
- Por que as pessoas relatam que após o uso de suplemento de vitaminas elas engordam? Isso é possível?
- Como escolher um suplemento dietético? Em quais condições isso é necessário para o indivíduo?

Pesquise mais

Aprofunde seus conhecimentos acerca das vitaminas acessando os links indicados e os livros:

SUCUPIRA, N. R; XEREZ, A. C. P; SOUSA, P. H. M. Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos. **UNOPAR Cient. Ciênc. Biol. Saúde**, v. 14, n. 2, p. 121-128, 2012. Disponível em: <http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/JHealthSci/article/viewFile/1025/984>. Acesso em: 4 dez. 2017.

Conheça as recomendações de como usar as DRI (ingestão diária recomendada) do *International Life Sciences Institute do Brasil* (ILSI BRASIL), disponível em: <http://www.ufjf.br/renato_nunes/files/2013/06/Como-usar-DRIs-Brasil.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2017.

Na página 351 da obra a seguir, é possível analisar uma tabela com a quantidade necessária de vitaminas de acordo com a idade do indivíduo. Já na página 355, a Tabela 7.6 ilustra as perdas de vitaminas em porcentagem devido ao enlatamento.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Sem medo de errar

O processamento e o armazenamento de alimentos sempre provocarão perdas de vitaminas, mesmo estando de acordo com os parâmetros de controle e seguindo fielmente os protocolos. Valdir, engenheiro de alimentos, trabalha monitorando as reações de degradação que as vitaminas podem sofrer ao longo dos processos tecnológicos aplicados a cada tipo de alimento desenvolvido. Ele

sabe que são diversos os fatores envolvidos nos processos de degradação, como pH, temperatura, potencial redox, atividade de água e estrutura química da vitamina, e que esses fatores, de forma diferente, dificultam os cálculos para saber exatamente quais reações químicas estão envolvidas e como elas podem ser controladas. Tendo em vista a importância de se desenvolver alimentos com teor de vitamina que garantam a ingestão de doses adequadas para o homem, Valdir busca alternativas para aplicar em seus produtos maneiras de incrementar os produtos desenvolvidos por ele.

Valor nutritivo adequado, produtos seguros para o consumo e com vida útil determinada são as características almejadas por de Valdir para seus produtos. E como chegar aos objetivos? Como ajudar o indivíduo a ter uma ingesta diária de vitaminas através do consumo de alimentos processados? É possível formular alimentos que tenham características sensoriais e nutricionais adequadas às necessidades metabólicas?

É possível, desde que sejam obedecidas às normas determinadas pelos órgãos competentes. De acordo com os regulamentos técnicos, a indústria pode e deve investir na possibilidade de adicionar uma vitamina para transformar o alimento em um produto de melhor qualidade nutricional ou para repor as perdas ocorridas pelo processamento e armazenamento.

Valdir sabe que, em alguns países, foi possível minimizar o aparecimento de doenças provocadas pela carência de determinadas vitaminas, ou seja, a adição traz benefícios. No entanto, é imprescindível que haja normas governamentais sobre o tipo de alimento, o tipo de vitamina e as quantidades que poderão ser adicionadas, com o intuito de evitar um risco potencial para os consumidores.

Para começar o investimento no processo de adição de nutrientes, é necessário estudar qual vitamina deverá ser adicionada, como as vitaminas puras são comercializadas e quais são os fornecedores. Após esse estudo, Valdir descobriu que todas as vitaminas comercializadas, para serem adicionadas aos alimentos, são sintéticas, e que sua origem deve ser cuidadosamente analisada; além de que, para serem adicionadas aos alimentos, devem ser estáveis quimicamente quando submetidas às condições de armazenamento, distribuição e utilização; devem ser biodisponíveis nos alimentos, para que possam ser utilizadas fisiologicamente; devem estar em quantidades

adequadas, de modo que não haja ingestão excessiva; e devem estar em conformidade com os regulamentos de segurança.

Existem vários termos que descrevem as diferentes possibilidades de adição de nutrientes aos alimentos. São eles:

1. Restauração: é a reposição ou restituição da concentração original do nutriente que possa ter sido perdido durante o processamento ou em qualquer etapa de sua obtenção.
2. Fortificação: quando o nutriente é adicionado em quantidades suficientes para que o alimento seja considerado uma fonte superior desse nutriente, quando comparado ao mesmo alimento antes de sofrer a adição do nutriente. É possível acrescentar nutrientes que originalmente não estão presentes no alimento.
3. Enriquecimento: para que um alimento seja considerado enriquecido, é necessário que haja um padrão de identidade desses nutrientes em conformidade com as normas vigentes em cada país.
4. Nutrificação: é um termo genérico, usado para se referir quando qualquer nutriente é adicionado ao alimento.

De posse desses termos, é necessário, então, justificar a necessidade de acrescentar nutrientes aos alimentos. Só é válida a adição de nutrientes se a ingesta destes for insuficiente para a maior parte dos consumidores; se o alimento for realmente consumido pela população que precisa dele para melhorar sua ingesta e nutrição; se não for uma ingestão excessiva; e, principalmente, se a população que precisa consumir o alimento adicionado de vitamina puder pagar por isso, ou seja, o produto deve ser acessível à população carente de vitaminas.

Valdir observou que existem, no mercado, diversos exemplos de alimentos que são utilizados como fonte de nutrientes por terem vitaminas adicionadas em sua composição, por exemplo, alimentos lácteos fortificados com ergocalciferol ou colecalciferol; e que as formas sintéticas do α- tocoferol podem ser utilizadas para fortificar alimentos; a forma sintética da vitamina K é utilizada em suplementos vitamínicos e em fortificação de alimentos; que o enriquecimento de cereais com niacina já é prática nos Estados Unidos; que a vitamina B6 é amplamente utilizada na fortificação de alimentos e nos suplementos nutricionais, devido à sua excelente estabilidade;

que o ácido fólico é adicionado aos alimentos e usado em pílulas vitamínicas, por causa da sua estabilidade; e que a vitamina B12, na sua forma sintética, é bastante utilizada na fortificação de alimentos e em suplementos nutricionais. Margarinas e óleos vegetais são alimentos usados como veículo para adição de vitamina A.

Após todas essas análises, Valdir terá seu objetivo alcançado: produzir alimentos com uma maior qualidade nutricional.

Realmente, em termos de saúde pública, o enriquecimento de alimentos causa um impacto benéfico, evidenciando a eficácia dos programas de fortificação.

Avançando na prática

Que tal um refresco?

Descrição da situação-problema

Andressa, biomédica, trabalha em uma empresa que fabrica pó para refresco. Todos os produtos elaborados possuem no rótulo a indicação de que tem vitamina C e que, ao consumir esse produto, o consumidor tem a garantia de ter suas necessidades diárias de vitamina C totalmente supridas, no entanto, para garantir a informação estampada no rótulo, Andressa deve analisar o teor de vitamina C nos refrescos prontos e avaliar as perdas após a preparação e o armazenamento. Qual deve ser o procedimento mais adequado para garantir um produto de qualidade nutricional superior aos demais produtos comercializados?

Resolução da situação-problema

Para avaliar e monitorar se realmente a adição de vitamina C está dentro do esperado, Andressa estudou vários métodos de análise. Para a escolha do método mais adequado à sua necessidade, ela avaliou a rapidez da análise e a necessidade de equipamentos especializados ou caros, pois o valor comercial do produto não justificaria um investimento muito alto com equipamentos sofisticados.

Após sua investigação, ela escolheu três métodos viáveis para sua análise:

1. O método de determinação de ácido ascórbico através de uma reação colorimétrica com redução de íons cúpricos. Esse método é sensível, específico e livre de interferentes. Para essa análise, é necessária a leitura em espectrofotômetro

UV/visível. Pode ser usado em alimentos que apresentam coloração, pois isso não interfere na análise.

2. O método indicado pela AOAC (Association of oficial analytical chemists) para a determinação de vitamina C, principalmente em sucos e preparados; ele utiliza como indicador 2,6-diclorofenol-indofenol. Esta técnica é feita por titulação, mas apresenta dificuldades na determinação quando são analisadas amostras com coloração muito forte. No entanto, o método se mostrou bastante eficaz em relação à determinação da vitamina.
3. Outro método de determinação de vitamina C é a titulação iodométrica. A reação que ocorre entre iodo e vitamina C é rápida e quantitativa, permitindo, assim, a quantificação dessa vitamina em alimentos.

Após testar criteriosamente os três métodos descritos acima, Andressa optou pelo método que usa iodo como indicador da titulação, devido à sua precisão e exatidão dos resultados obtidos, além de ser um teste rápido e com custo reduzido. Dessa forma, ela pode determinar, com certeza, o tempo de vida útil da vitamina C em seus produtos.

Faça valer a pena

1. A composição da dieta de um indivíduo, os fatores fisiológicos individuais e as diferentes formas químicas das vitaminas que estão presentes nos alimentos, assim como as possíveis interações químicas que podem ocorrer com os constituintes químicos dos alimentos e as vitaminas, podem interferir na biodisponibilidade dessas substâncias.
Assinale a alternativa que descreve corretamente o termo biodisponibilidade de vitaminas.

a) É a quantidade de vitamina ingerida.
b) É a quantidade de vitamina presente naturalmente no alimento.
c) É a quantidade de vitamina ingerida que é absorvida pelo intestino e cumprirá a função metabólica.
d) É a quantidade de vitamina que pode ser absorvida e conferir benefícios ao indivíduo.
e) É a quantidade de vitamina que pode ser tóxica quando ingerida pelo indivíduo.

2. Sobre as VITAMINAS, analise as afirmativas a seguir:

I. As vitaminas hidrossolúveis são solúveis em água e o seu excesso é eliminado na urina.

II. São exemplos de vitaminas hidrossolúveis: A, D, E e K.

III. Apesar de serem necessárias em quantidades pequenas, a importância nutricional das vitaminas é que elas participam como cofatores e são precursoras de coenzimas.

IV. Os tocoferóis e trocotrienóis, vitamina D, presentes naturalmente nos óleos vegetais insaturados, contribuem para estabilidade química desses óleos por meio da ação antioxidante.

V. Analisando o hábito alimentar de um indivíduo que faz dieta durante a semana, ou seja, ingere pouca quantidade de alimentos, sua alimentação é à base de alimentos processados e praticamente come os mesmos alimentos todos os dias, você pode afirmar que essa pessoa pode vir a ter sintomas de hipovitaminose.

Após análise sobre as vitaminas, assinale a alternativa que contenhas as afirmativas corretas.

a) I, III e V.
b) III, IV e V.
c) I, II e III.
d) II, IV e V.
e) II, III e IV.

3. Em relação às vitaminas, avalie as afirmativas a seguir e classifique-as em V para verdadeiras e F para falsas:

(__) A vitamina A engloba o álcool retinol e os carotenoides. Está relacionada, principalmente, com a integridade da córnea e, ainda, por ter efeito antioxidante, em condições de concentração reduzida de oxigênio, pode proteger o DNA e os lipídeos das membranas celulares contra espécies reativas de oxigênio.

(__) A vitamina D é responsável, principalmente, pela manutenção da homeostase do cálcio e de outros minerais. Ergosterol, ergocalciferol (D_2) e colicalciferol (D_3) são as estruturas químicas associadas à atividade da vitamina D.

(__) A tiamina é estável à oxidação e à luz, no entanto, em pH neutro e alcalino, ela perde sua estabilidade. Em alimentos hidratados e armazenados em temperatura moderada, podem ocorrer perdas de tiamina. Apresenta excelente estabilidade em alimentos com baixa atividade de água em temperatura ambiente.

(__) A nicotiamida adenina dinucleotídeo (NAD) e a nicotiamida adenina dinucleotídeo fostato (NADP) são as coenzimas formadas pelo ácido nicotínico ou nicotiamida. Em condições ácidas ou alcalinas, a ação do

calor converte a nicotiamida em ácido nicotínico sem perdas de atividade vitamínica. A niacina é estável à luz e a temperaturas de processamento de alimentos. As perdas de niacina acontecem por meio de lixiviação na lavagem, branqueamento, processamento ou gotejamento de exsudato dos tecidos.

(__) Ácido ascórbico (vitamina C) é muito utilizado como aditivo alimentar, devido à sua atividade redutora e antioxidante. Participa da síntese de colágeno e aumenta a absorção de ferro. Quando o vegetal é cortado ou descascado, podem ocorrer perdas do ácido ascórbico por lixiviação. O ácido ascórbico sofre oxidação catalisada por íons metálicos, calor e luz.

(__) As cobalaminas ou vitamina B6 são compostos que possuem um anel tetrapirrólico com um íon cobre no centro ligado covalentemente aos quatro nitrogênios pirrólicos. São produzidas, principalmente, por plantas e microrganismos. O aquecimento prolongado de alimentos em pH neutro ou próximo dele pode induzir perdas dessa vitamina, no entanto, para a maioria das condições de processamento, preservação e armazenamento, foram observadas perdas significativas da vitamina B_6.

Em relação às afirmativas verdadeiras e falsas, assinale a alternativa que contenha a sequência correta.

a) V – V – V – V – F – F.
b) V – V – V – V – V – F.
c) V – V – V – F – F – F.
d) V – V – F – F – F – V.
e) F – F – V – F – V – F.

Seção 4.2

Minerais

Diálogo aberto

Hilda, contadora, 42 anos, trabalha meio expediente e sai do trabalho em cima da hora para buscar os filhos na escola. A tarde é reservada para resolver todas as tarefas de casa e, ainda, levar os filhos nas atividades extras, portanto ela quase não tem tempo de prestar atenção no que escolhe para comer. À noite, como sempre, ela está exausta.

Um dia, Hilda assistiu a um documentário pela televisão a respeito da quantidade de sal nos alimentos, mais especificamente de sódio. Isso a deixou surpresa, devido à quantidade de artigos e pesquisas recomendando ao público diminuir a quantidade de sal nos alimentos. Desse documentário, saíram muitas dúvidas: o sódio é tão ruim assim? Deve-se abolir o sódio da dieta? Ele traz algum benefício? É realmente necessário para o organismo? Como saber se o consumo de sódio em uma refeição é adequado ou exagerado? O consumo exagerado de sódio está relacionado com alguma doença? Quantas dúvidas! Para ficar tranquila a respeito desse assunto, ela marcou uma consulta com Alessandra, que, além de nutricionista, é consultora e *coaching* em nutrição, para sanar suas dúvidas e ainda orientá-la como melhorar a alimentação em relação ao consumo de sódio.

Não pode faltar

Até hoje, os cientistas listaram, em uma tabela, 118 elementos químicos (Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/tabela-periodica/>. Acesso em: 19 dez. 2017), sendo que parte desses elementos são encontrados na natureza; destes, cerca de 26 elementos são classificados como essenciais, e o restante foi sintetizado em laboratório. Com exceção do carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N), a maioria dos elementos químicos é descrita como minerais e pode estar presente nos alimentos devido ao processamento, ao armazenamento e à colheita como

contaminantes ou podem ser adicionados intencionalmente, assim como é possível encontrar elementos não essenciais nos alimentos.

Os elementos químicos: Hélio (He); Sódio (Na); Magnésio (Mg); Potássio (K); Cálcio (Ca); Vanádio (V); Cromo (Cr); Molibdênio (Mo); Manganês (Mn); Ferro (Fe); Cobalto (Co); Níquel (Ni); Cobre (Cu); Zinco (Zn); Carbono (C); Nitrogênio (N); Oxigênio (O); Flúor (F); Silício (Si); Fósforo (P); Enxofre (S); Cloro (Cl); Arsênio (As); Selênio (Se); Estanho (Sn) e Iodo (I) são, atualmente, conhecidos como essenciais ou macrominerais, porque caso sejam eliminados da dieta, causarão debilidade de uma função fisiológica no indivíduo. Cada um desses minerais desempenha uma função metabólica específica, mas, de uma forma geral, estão envolvidos na regulação das reações enzimáticas; funcionam como cofatores; são importantes para a resistência dos ossos e dentes; facilitam o transporte de oxigênio; estão envolvidos com o crescimento e desenvolvimento corporal; contribuem como componentes de estruturas celulares, entre várias outras funções.

Exemplificando

C, H, O e N não são referidos como minerais, mas fazem parte como constituintes das moléculas orgânicas e da água e estão presentes nos alimentos.

Como componentes dos alimentos, os minerais participam conferindo sabor, ativando ou inibindo a ação de enzimas e influenciando na textura. Deduz-se que numerosos íons metálicos que existem naturalmente nos alimentos ou que passam para o alimento por causa da sua obtenção, sua preparação e seu armazenamento produzem alterações por diversas razões. Na fabricação de queijo, a adição de **cálcio** encurta o tempo de coagulação e deixa a coalhada elástica. Os **fosfatos**, nas formas de ácido fosfórico, ortofosfatos, pirofosfatos, tripolifosfatos e de polifosfatos, são considerados aditivos alimentares com funções de acidificação em refrigerantes; ação tamponante em diversas bebidas; antiaglutinante; fermento; estabilizador; emulsificantes; promovem a ligação com a água; e são um protetor contra a oxidação. O **alumínio** é um agente emulsificante em queijos processados. O **cálcio** está envolvido como modificadores de textura por formar géis e dar firmeza a conservas vegetais. O **cobre** é um modificador

de cor em conservas e carnes curadas e estabiliza a espuma das claras de ovos. O **iodo** melhora a qualidade de cozimento da farinha de trigo. O **ferro** é catalisador da peroxidação lipídica; modificador da cor na carne fresca; forma complexos verdes, azuis ou pretos com compostos polifenólicos; e reage com enxofre em alimentos enlatados. A remoção de **magnésio** muda a cor da clorofila de verde para verde oliva. O **níquel** é o agente catalisador na hidrogenação de óleos vegetais. O **potássio** pode substituir o sódio, mas pode causar sabor amargo, como também pode ser usado como fermento. O **sódio** pode ser conservador, produzir o sabor salgado e ainda ser usado como fermento químico. O **enxofre** é um inibidor do escurecimento não enzimático e enzimático e é usado em vinificação para controlar e prevenir o crescimento microbiano. O **zinco** minimiza a formação da cor escura durante o aquecimento de alimentos proteicos enlatados.

Os minerais estão envolvidos na coloração de produtos derivados de frutas e hortaliças, ocasionam perdas de componentes essenciais, ou participam no aparecimento de odores e sabores anormais devido à oxidação lipídica, o que os torna, do ponto de vista da tecnologia de alimentos, componentes importantes presentes nos alimentos.

Uma dieta diversificada pode conter a quantidade necessária para um indivíduo, que varia entre alguns microgramas por dia e cerca de 1 g/dia. Quando a necessidade de um mineral é maior do que 100 mg por dia, ele é considerado essencial; caso sua necessidade seja abaixo dessa dose, ele é considerado um elemento traço ou oligoelemento. Uma ingestão abaixo do limite resultará em sinais de deficiência, já o consumo em excesso pode resultar em toxicidade, por exemplo o caso do sódio, que, se ingerido excessivamente, se torna um fator importante na pressão arterial alta. O maior risco de toxicidade dos minerais essenciais é a ingestão na forma de suplementos, pois a maioria fornece mais de 100% dos valores diários nos rótulos, portanto deve-se ter cautela e a supervisão de um médico ou nutricionista para o consumo desses produtos. Além disso, o consumo indiscriminado de suplementos pode provocar interações nocivas com outros nutrientes.

Existe, ainda, uma situação preocupante, que é a questão da contaminação de alimentos com metais pesados, como o chumbo, o mercúrio e o cádmio. Esses metais são extremamente tóxicos e podem contaminar os alimentos através da água, do solo, a partir

de partículas na atmosfera, materiais de embalagem, máquinas de processamento, erupções vulcânicas, fertilizantes, fungicidas, sedimentos de água de esgoto, pigmentos de tintas, enfim, se o alimento entrar em contato, de alguma forma, com esses veículos contaminantes, haverá risco aos indivíduos. A maior preocupação de intoxicação por mercúrio é através da ingestão de peixes, tanto de água doce quanto de água salgada, tanto que a *Food and Drug Administration* (FDA) recomenda que mulheres grávidas evitem consumir peixe. Já o cádmio é encontrado naturalmente no solo, tornando os vegetais e cereais as principais fontes de contaminação, no entanto crustáceos e moluscos também são acumuladores desse metal. O chumbo pode estar presente na atmosfera, em tintas, gasolina, solda de latas para alimentos, etc. Nos Estados Unidos, a FDA emitiu regulamentações proibindo o uso de chumbo em produtos que são conhecidos como potenciais contaminadores, dessa forma foi possível reduzir o nível sanguíneo de chumbo da população.

O regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais publicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) pode ser acessado no endereço eletrônico a seguir: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_269_2005_COMP.pdf/25aaf9f3-32bc-4e80-aa6c-0520332533a6>. Acesso em: 13 set. 2018.

Assimile

Os elementos minerais em sistemas biológicos são divididos em elementos principais: cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio e cloreto; e em elementos traços: ferro, iodo, zinco, selênio, cromo, cobre, flúor e estanho.

Os minerais essenciais consumidos em excesso podem causar toxicidade no organismo humano, assim como o consumo insuficiente pode gerar distúrbios metabólicos. Metais pesados, como chumbo, cádmio e mercúrio, são extremamente perigosos para a saúde humana e, infelizmente, eles podem ser encontrados nos alimentos como contaminantes.

Apesar de serem encontrados em pequenas quantidades, os minerais são importantes como constituintes dos alimentos e podem se apresentar em diferentes formas químicas, como compostos complexos ou íons livres, por isso a solubilidade dos minerais é uma

consideração importante para que os minerais desempenhem seu papel biológico em sistemas aquosos.

Quando o conteúdo mineral em um alimento é determinado, não quer dizer que essa quantidade expressa no rótulo será absorvida pelo organismo, pois a biodisponibilidade dos minerais está relacionada com a capacidade do corpo em absorvê-los. É necessário que o mineral esteja em uma condição que o conteúdo presente no intestino delgado se difunda para as membranas dos eritrócitos e realmente sejam absorvidos. Existem vários fatores que podem limitar a absorção de minerais presentes nos alimentos, porque influenciam sua biodisponibilidade. São eles:

1. Como o mineral é encontrado quimicamente no alimento: se o mineral se apresenta insolúvel, ele será mal absorvido. Se o quelato for altamente estável e solúvel, o mineral terá sua absorção prejudicada. Por exemplo: o ferro heme é mais eficientemente absorvido do que o ferro não heme.
2. Ligantes em alimentos: o etilenodiamino tetra-acético (EDTA) é um ligante que forma quelato solúvel com os metais e aumenta a absorção. Ligantes que formam quelatos insolúveis (ácido fítico ligado ao Ca, Fe e Zn) ou de alto peso molecular podem reduzir a absorção de minerais.
3. A atividade redox dos constituintes dos alimentos: agentes redutores (ácido ascórbico) aumentam a absorção de ferro, enquanto que os agentes oxidantes inibem a absorção de ferro.
4. Altas concentrações de minerais com cargas elétricas semelhantes podem inibir a absorção de outros minerais por competição. Por exemplo, uma grande ingestão de zinco diminui a absorção de cobre.
5. Condições fisiológicas do indivíduo: regulação homeostática e doenças crônicas de má absorção de nutrientes, como a doença de Crohn e a doença celíaca, podem reduzir a absorção de minerais. Quando o estômago reduz a produção de secreção ácida, prejudica a absorção de ferro e cálcio. A eficiência na absorção de minerais diminui com a idade. Durante a gravidez, aumenta a absorção de ferro.
6. Interação vitaminas e minerais: o ferro não heme é melhor absorvido se consumido com a vitamina C. Os minerais fazem parte da estrutura química de algumas vitaminas.

Os ácidos orgânicos, principalmente o ascórbico, o cítrico e o lático, aumentam a biodisponibilidade dos minerais, porque formam quelatos solúveis e, consequentemente, protegem os minerais de se precipitarem ou de se ligarem a outros componentes que podem inibir sua absorção. Vale salientar que esse efeito depende da composição do alimento, do tipo de mineral presente e da proporção entre mineral e ácido orgânico. Quando se consome carne bovina, aves e peixes, ocorre um aumento na absorção de ferro heme e não heme se forem ingeridos juntos na mesma refeição, assim como os produtos da digestão da carne podem formar quelatos com o ferro, que o tornam mais solúvel e, consequentemente, mais biodisponível.

Limitando a biodisponibilidade de minerais, estão o ácido fítico e os diversos fitatos, pois esses compostos ligados aos minerais são reconhecidos como antinutrientes ou fatores antinutricionais. Os compostos fenólicos, dentre eles os taninos, presentes no chá, no café, nos feijões, na uva-passa, e o sorgo são conhecidos como substâncias que diminuem a biodisponibilidade dos minerais.

O conteúdo de minerais, macro e microelementos, varia muito para um mesmo alimento de origem vegetal, pois depende de fatores genéticos, climáticos, práticas de cultivo, composição do solo e maturidade na colheita. Já os alimentos de origem animal não têm tanta variação na quantidade de minerais, pois mesmo que o animal tenha uma mudança na ingestão de alimentos, o efeito exercido na concentração de minerais na carne, no leite e nos ovos é pequeno, uma vez que os mecanismos homeostáticos do animal regulam as quantidades de nutrientes necessárias aos tecidos.

Exemplificando

A quelagem é uma ligação do mineral com um composto orgânico e dá origem a um termo chamado quelato, que corresponde a um elemento químico na forma de um íon metálico conectado por ligações covalentes a aminoácidos, peptídeos ou polissacarídeos, cujo principal objetivo é aumentar sua biodisponibilidade e melhorar sua absorção no organismo humano. No entanto, se o quelato apresentar alta estabilidade e for solúvel, diminuirá sua biodisponibilidade.

Os minerais não podem ser destruídos por calor, agentes oxidantes, pH, luz ou outros fatores que podem destruir os componentes orgânicos dos alimentos. Sua remoção dos alimentos

se dá por lixiviação ou separação física de partes dos alimentos, sendo a moagem de cereais o maior causador de perdas de minerais nos alimentos. O farelo e o gérmen concentram a maior quantidade de minerais, e eles, normalmente, são removidos no beneficiamento para a produção de farinha branca, que é produzida usando, praticamente, somente o endosperma.

Durante a elaboração das matérias-primas, na maioria das vezes também se produz mudança no conteúdo de minerais devido aos processos térmicos, pois é comum que estes promovam a cocção do alimento em água. Quando massas são cozidas, ocorre uma perda de 50% de potássio, e as perdas de ferro são mínimas. Já em relação ao teor de cálcio em queijos, o tipo e as condições de processamento geram produtos com diferentes concentrações de cálcio, por exemplo, no queijo cottage, a concentração de cálcio é de 80 mg/100 g de produto, enquanto que, no queijo cheddar, é de 800 mg/100 g, e no emmental, 920 mg/100 g. O Quadro 4.1 mostra as perdas de minerais em alguns alimentos processados.

Quadro 4.1 | Perdas de minerais durante o processamento de alimentos

MATÉRIA-PRIMA	PRODUTO	%Perdas de Cr	%Perdas de Mn	%Perdas de Fe	%Perdas de Co	%Perdas de Cu	%Perdas de Zn	%Perdas de Se
Espinafre	Conserva		47		71		40	
Feijão	Conserva						60	
Tomate	Conserva						83	
Cenoura	Conserva				70			
Beterraba	Conserva				67			
Feijão verde	Conserva				89			
Trigo	Farinha		89	76	68	68	78	16
Arroz	Polido	75	26			45	75	

Fonte: Belitz e Grosch (1997, p. 451).

Enriquecimento, fortificação ou, simplesmente, adição de minerais aos alimentos é um processo no qual ocorre o acréscimo desse nutriente de modo intencional. Esse processo tem por objetivo melhorar o valor nutritivo, pois corrige eventuais deficiências do teor de minerais, podendo, dessa forma, suprir uma possível carência de um nutriente apresentada pela população em geral.

A ANVISA, através de várias portarias e regulamentos técnicos define as regras para que um alimento possa ser considerado fortificado/enriquecido. Adição de iodo ao sal de cozinha, assim como a adição de ferro e ácido fólico nas farinhas de trigo e milho, são alguns exemplos de produtos enriquecidos comercializados atualmente. Nos Estados Unidos, a FDA regulamenta os padrões para o enriquecimento de cereais. É possível encontrar vários alimentos derivados de grãos de cereais refinados enriquecidos com ferro, riboflavina, tiamina e ácido fólico, além do enriquecimento de farinha, pão, arroz, milho e macarrão. Cereais matinais são enriquecidos com cálcio, ferro, zinco e outros minerais traços. As fórmulas infantis são os alimentos com adição do maior número de minerais, pois espera-se que sejam alimentos nutricionalmente completos.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece que é possível fortificar alimentos de três formas: 1. Fortificação universal, caracterizada pela adição de micronutrientes em alimentos bastante consumidos pela população; 2. Fortificação voluntária, quando a indústria de alimentos, por iniciativa própria, adiciona um nutriente com o objetivo de diversificar seu produto; 3. Fortificação comunitária ou domiciliar, quando se adicionam suplementos de vitaminas ou minerais às refeições de crianças pouco antes do seu consumo.

Nos alimentos, os minerais correspondem às cinzas, ou seja, são os componentes dos tecidos vegetais e animais que restam após toda a matéria orgânica ser incinerada. As cinzas são compostas por minerais na forma de óxidos metálicos, sulfatos, fosfatos, nitratos, silicatos, cloretos e outros halogenatos, e sua característica depende das condições de incineração e da composição dos alimentos. Os métodos para determinação da quantidade de cinzas presentes nos alimentos são divididos em duas classes:

1. Determinação de cinza total: essa análise é feita para avaliar o índice de refinação em açúcares e farinhas, para estimar o conteúdo de frutas em geleias de frutas e doces em massa, como também é utilizada como um parâmetro para determinação do valor nutricional de alimentos.

    a. Determinação de cinza solúvel e insolúvel em água:

essa análise é feita para determinar se houve adulteração na quantidade de frutas em geleias e conservas.

b. Alcalinidade da cinza: é uma técnica usada, principalmente, para verificar se houve adulteração em alimentos de origem animal ou vegetal, pois as cinzas de produtos vegetais são alcalinas e as cinzas de produtos cárneos e alguns cereais são ácidas.

c. Cinza insolúvel em ácido: essa análise é feita, principalmente, para analisar se existe adição de material mineral em alimentos, como areia em temperos e talco em confeitos.

2. Determinação dos componentes individuais: essa análise é feita para identificar minerais envolvidos no metabolismo ou minerais que são prejudiciais à saúde. Após a obtenção da cinza por via úmida, ela poderá ser analisada por absorção atômica, emissão de chama, colorimetria, turbidimetria e titulometria para determinação de cada mineral nela contido.

Assimile

As cinzas fazem parte da composição centesimal dos alimentos e correspondem ao produto obtido pela incineração de toda matéria orgânica. Métodos para determinação de cinzas totais são usados, principalmente, para detectar adulterações em alimentos, e os métodos por absorção atômica, emissão de chama, colorimetria, turbidimetria e titulometria são utilizados para determinação de cada mineral contido no alimento.

Cada mineral individualmente possui um mecanismo de absorção, transporte, armazenamento e excreção, assim como as necessidades e recomendações nutricionais são específicas para cada um. É possível saber o teor de minerais contido nos alimentos através da consulta em tabelas de composição de alimentos.

Pesquise mais

Após finalizar mais uma seção, aprofunde seus conhecimentos acessando os materiais a seguir:

PADOVANI, R. M. et al. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 741-760, nov./dez. 2006. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/34490/1/S1415-52732006000600010.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **NutriSUS** – Estratégia de fortificação da alimentação infantil com micronutrientes (vitaminas e minerais) em pó: manual operacional. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 52p.: il. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/nutrisus_estrategia_fortificacao_alimentacao_infantil.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2018.

Reflita

Agora que você já conhece os minerais, reflita sobre os questionamentos a seguir:

- Quando o indivíduo deseja ingerir um suplemento de minerais, quais propriedades devem ser observadas para garantir uma maior absorção pelo organismo?
- Ingerir minerais na forma de suplementos representa risco de toxicidade?
- Por que os minerais presentes em alimentos de origem animal são mais bem absorvidos?
- Qual é a diferença entre ferro heme e ferro não heme? Qual é a importância desse conceito? Existe alguma diferença no consumo desses dois tipos de ferro?

Sem medo de errar

O sódio é um mineral essencial, que faz parte da dieta do ser humano. A fonte primária desse mineral é o sal de cozinha, conhecido como cloreto de sódio, o qual é acrescentado durante o processamento e a elaboração dos alimentos. Ele é o principal íon positivo no líquido extracelular e está envolvido na manutenção do equilíbrio hídrico e na condução dos impulsos nervosos, e isso justifica a necessidade de tê-lo na dieta. Alessandra sabe que, dificilmente, um indivíduo saudável apresenta ingestão de sódio abaixo do necessário, pois, hoje, são grandes as fontes de sódio na alimentação, aliás, por sua experiência, ela tem observado que

os efeitos nocivos são uma preocupação devido ao excesso desse mineral presente nos alimentos tanto industrializados como nos processados artesanalmente. O cloreto de sódio é composto por 40% de sódio e 60% de cloreto, ou seja, a ingestão de 10 g de sal corresponde a cerca de 4 g de sódio. Uma colher de chá de sal contém, aproximadamente, 2.000 mg de sódio, sendo que o nível máximo de ingestão tolerável para adultos é de 2.300 mg de sódio.

Em uma primeira entrevista, Alessandra aplica um questionário sobre a quantidade ingerida de sódio por Hilda. Esse questionário decorre sobre a frequência com que ela consome determinados alimentos. Ao final, já é possível perceber quais alimentos contêm grande quantidade de sódio e a possibilidade de controlar sua ingestão.

Alessandra reforça suas orientações sobre as possíveis doenças que podem se desenvolver pelo consumo de alimentos com excesso de cloreto de sódio. A hipertensão é definida como uma pressão sistólica acima de 139 mmHg, e uma pressão diastólica, acima de 89mmHg. O excesso de sal aumenta a retenção de líquido pelo rim e o volume sanguíneo, e isso eleva a pressão arterial. A maioria dos casos de hipertensão não tem uma causa bem definida, mas sabe-se que o controle da pressão arterial é importante, pois, caso ela não seja periodicamente medida, o desenvolvimento da hipertensão pode passar despercebido com facilidade. A pressão arterial controlada pode prevenir doenças cardiovasculares, doenças renais, má circulação sanguínea nas pernas, problemas de visão e até morte súbita. Tabagismo, obesidade e lipoproteínas sanguíneas elevadas aumentam a probabilidade dessas doenças. O estilo de vida sedentário e a ingestão excessiva de álcool também influenciam o aparecimento da hipertensão.

Alessandra começa, então, sua estratégia para que Hilda entenda a importância de uma alimentação equilibrada e um estilo de vida saudável através do aumento da ingestão de cereais e grãos integrais, frutas e vegetais, assim como da diminuição de doces e açúcares.

Hilda sabe que alimentos preparados em casa permitem maior controle da ingestão de sódio, no entanto, às vezes, devido à correria do dia a dia, é mais fácil comer fora de casa ou mesmo comprar comida pronta. O que fazer? Nesse caso, é fundamental conferir o teor de sódio expresso nos rótulos de alimentos industrializados e, assim, fazer a escolha mais saudável, através do controle da ingestão de determinados produtos.

Avançando na prática

Duro como osso!

Descrição da situação-problema

Roberta está precisando de uma suplementação de cálcio, pois ela não toma leite e tem dificuldades em incorporar alimentos ricos em cálcio na sua dieta. Na verdade, ela não sabe qual tipo de cálcio deve ingerir, qual é a melhor forma química do mineral para garantir melhor absorção, qual é o melhor suplemento e, também, dentre os diversos tipos de suplementos vendidos no mercado, qual é o melhor. O que ela fez? Procurou Fátima, nutricionista, para orientá-la sobre qual suplemento de cálcio era mais adequando neste momento da sua vida.

Resolução da situação-problema

Fátima entendeu que precisava, urgentemente, orientar Roberta a respeito dos diversos tipos de suplementos de cálcio e do teor de cálcio listado no rótulo dos produtos.

Uma forma de cálcio utilizada em suplementos é o carbonato de cálcio, que é um comprimido de antiácido com cálcio, contendo em torno de 500 mg e que precisa ser ingerido com ou logo após as refeições; se o cálcio estiver na forma de citrato de cálcio, pode ser ingerido em qualquer momento. Outra preocupação é que o cálcio presente nos suplementos possa diminuir a absorção do zinco, e uma forma de evitar que isso aconteça é não ingerir o suplemento de cálcio com uma refeição rica em zinco. Vale salientar que alguns suplementos feitos com farelo de osso podem conter chumbo na sua composição, mineral comprovadamente tóxico para o ser humano. Outra consideração importante é que nenhuma forma de cálcio natural é superior às formas suplementares típicas.

Uma forma de determinar o conteúdo de cálcio presente nos suplementos é multiplicar o peso da cápsula pela porcentagem listada no rótulo. Normalmente, o carbonato de cálcio está 40%; o fosfato de cálcio, 38%; o citrato de cálcio, 21%; o lactato de cálcio, 13%; e o gluconato de cálcio, 9%. Por exemplo, se o comprimido de carbonato de cálcio pesa 500 mg: 500 x 0,4 = 200 mg de cálcio; agora, comparando com o comprimido de gluconato de cálcio de 500 mg: 500 x 0,9 = 45 mg. Esse cálculo fácil e rápido ajuda a

decidir qual é o suplemento mais interessante, principalmente em relação ao custo/benefício do produto.

Outro procedimento simples e que pode ajudar na escolha de um suplemento é observar se o comprimido se dissolve em ¾ de xícara de vinagre de maçã em até 30 minutos. Caso isso não aconteça, ele não será absorvido totalmente.

De posse dessas orientações práticas, Roberta terá uma maior segurança na hora de escolher qual suplemento comprará.

Faça valer a pena

1. Analise as afirmativas a seguir sobre os minerais:

I. A forma química do mineral no alimento, os ligantes nos alimentos, a atividade redox dos componentes alimentares, a interação mineral-mineral, a interação vitamina-mineral e o estado fisiológico do consumidor são fatores que influenciam na ingestão de minerais pelo organismo humano, porque afetam metabolicamente sua absorção e utilização.

II. A quelagem é uma ligação do mineral com um composto orgânico e dá origem a um termo chamado quelato, que corresponde a um elemento químico na forma de um íon metálico conectado por ligações covalentes a aminoácidos, peptídeos ou polissacarídeos, cujo principal objetivo é aumentar sua biodisponibilidade e melhorar sua absorção no organismo humano.

III. Os minerais não podem ser destruídos por calor, agentes oxidantes, pH, luz ou outros fatores que podem destruir os componentes orgânicos dos alimentos. Sua remoção dos alimentos se dá por lixiviação ou separação física de partes dos alimentos, sendo a moagem de cereais o maior causador de perdas de minerais nos alimentos.

Após analisar as afirmativas, assinale a alternativa correta.

a) A afirmativa I está correta.
b) A afirmativa II está correta.
c) A afirmativa III está correta.
d) As afirmativas I e II estão corretas.
e) As afirmativas II e III estão corretas.

2. Analise a tabela a seguir sobre a concentração de minerais traços selecionados em trigo e produtos da moagem do trigo:

MINERAL	TRIGO INTEGRAL	FARINHA BRANCA	GÉRMEN DE TRIGO	FARELOS	PERDA DE TRIGO PARA A FARINHA(%)
FERRO	43	10,5	67	47-78	76
ZINCO	35	8	101	54-130	78
MANGANÊS	46	6,5	137	64-119	86
COBRE	5	2	7	7-17	68
SELÊNIO	0,6	0,5	1,1	0,5-0,8	16

Observação: Os valores estão expressos em mg de mineral/kg de produto.
Fonte: Damodaran, Parkin e Fennema (2010, p. 437).

Assinale a alternativa que contenha os dados corretos observados na tabela.

a) O teor de ferro no trigo integral e no farelo é praticamente o mesmo.

b) A perda de cobre na farinha integral é de 5%.

c) De um modo geral, o teor de minerais na farinha integral é maior do que no farelo.

d) O manganês é encontrado em maior quantidade no trigo integral e na farinha; o manganês é o que sofre menos perdas.

e) A farinha branca, obtida pela moagem do endosperma com a retirada do gérmen e do farelo, provoca uma grande perda de minerais, como ferro, zinco, manganês, cobre e selênio.

3. Assinale V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas:

1. Os minerais são nutricionalmente requeridos pelo homem, mas podem causar problemas graves se consumidos em excesso. ( )
2. O conteúdo de minerais nas plantas depende do meio ambiente, mas independem da composição do solo. ( )
3. O conteúdo de minerais nos alimentos de origem animal depende da alimentação do animal, no entanto não há tanta variação na quantidade de minerais, pois mesmo que o animal tenha uma mudança na ingestão de alimentos, o efeito exercido na concentração de minerais em carne, leite e ovos é pequeno, pois os mecanismos homeostáticos do animal regulam as quantidades de nutrientes necessários aos tecidos. ( )
4. Inseticidas, fungicidas, pesticidas, estação do ano, localização geográfica e aditivos de processamento são alguns fatores que influenciam na ingestão de minerais. ( )
5. Com o refinamento dos alimentos, a dieta de uma pessoa que consome, principalmente, alimentos refinados fica com deficiência de minerais. ( )
6. Retiradas de partes da planta, processos físicos e reações químicas são responsáveis por perdas de minerais nos alimentos. ( )

7. Traços de minerais que podem ocorrer no alimento durante o processamento através do contato com a água, equipamentos ou embalagem não são consideráveis do ponto de vista de ingestão de minerais. ( )
8. Nos alimentos, os minerais correspondem às cinzas, ou seja, são os componentes dos tecidos vegetais e animais que restam após toda a matéria orgânica ser incinerada. As cinzas são compostas por minerais na forma de óxidos metálicos, sulfatos, fosfatos, nitratos, silicatos, cloretos e outros halogenatos. ( )
9. A contaminação de alimentos com metais pesados, como o chumbo, o mercúrio e o cádmio, é uma preocupação, pois esses minerais são extremamente tóxicos para o indivíduo e podem contaminar os alimentos. ( )
10. O enriquecimento, a fortificação ou, simplesmente, a adição de minerais aos alimentos é um processo no qual ocorre o acréscimo desse nutriente de modo não intencional, mas que melhora o valor nutritivo, pois aumenta o teor de minerais, diminuindo a carência da população. ( )

Assinale a alternativa que contenha a sequência correta sobre os minerais.

a) F – V – V – V – F – F – F – V – F – V.
b) V – F – V – F – V – V – F – V – V – F.
c) V – V – F – V – V – F – F – V – V – F.
d) V – V – F – F – F – V – V – V – F – F.
e) V – V – V – F – F – F – F – F – V – V.

Seção 4.3

Aditivos alimentares

Diálogo aberto

Conservante... Será esse o sinônimo de aditivos? As substâncias adicionadas aos alimentos, os aditivos, possuem muitas funções e podem ter várias estruturas químicas. Não é simplesmente uma substância isolada, a qual, quando adicionada, caracterizará e conservará os alimentos. Para cada produto com suas propriedades peculiares, há um estudo para a escolha do agente mais adequado. Quais são as principais considerações para que um aditivo seja empregado como ingrediente dos alimentos?

Tomás é um técnico de laboratório, em uma empresa que fabrica uma série de alimentos produzidos através do processamento de várias matérias-primas, as quais, quando misturadas, geram texturas, aromas e sabores a partir da utilização de diversos aditivos. No entanto, seu trabalho está relacionado especificamente com a conservação desses produtos. Quais aditivos podem ser utilizados de forma mais eficaz para conservar os alimentos produzidos por Tomás? Quais são os mecanismos de degradação mais comuns aos alimentos e que exigem uma estratégia de conservação?

Existe, no mercado, uma grande variedade de aditivos químicos que aumentam o valor nutricional, a vida de prateleira e o valor sensorial de um alimento. Saber escolher o mais adequado ao produto que está sendo desenvolvido e as constantes modificações tecnológicas que existem hoje no mundo faz com que Tomás esteja atento às empresas produtoras de aditivos, aos seus produtos e aos benefícios tecnológicos que elas proporcionam, bem como às legislações e normas sobre o uso de aditivos alimentares.

Não pode faltar

Aditivos alimentares são substâncias com uma função específica que justifique seu uso. Ao serem adicionadas intencionalmente aos alimentos processados, conferem uma determinada característica ao alimento. Essa definição é um conceito geral sobre os aditivos, pois eles são classificados em categorias de acordo com a função exercida no alimento. Conhecido internacionalmente, o Codex Alimentarius (Disponível em: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>. Acesso em: 19 mar. 2018) é uma compilação de padrões.

Pesquise mais

Para ler uma definição mais completa sobre aditivos, acesse o site da ANVISA, Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997, disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/PORTARIA_540_1997.pdf/3c55fd22-d503-4570-a98b-30e63d85bdad>. Acesso em: 17 jan. 2018.

Para conhecer todas as portarias, legislações e decretos sobre a utilização de aditivos e coadjuvantes de tecnologia de uma forma geral e separado por alimento, acesse o site da ANVISA, disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/aditivos-alimentares-e-coadjuvantes>. Acesso em: 17 jan. 2018.

Acesse também as diretrizes e os padrões sobre os aditivos desenvolvidos pelo Comitê do Codex sobre Aditivos Alimentares (CCFA), disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388701/Codex+Alimentarius/10d276cf-99d0-47c1-80a5-14de564aa6d3>. Acesso em: 17 jan. 2018.

Dentre as diversas prioridades do Comitê do Codex sobre Aditivos Alimentares (CCFA), ele estabelece a quantidade máxima que um aditivo pode ser usado; prepara listas de aditivos alimentares para avaliação de risco pelo Comitê Misto FAO/OMS de Especialistas em Aditivos Alimentares (JECFA); dá nome às classes funcionais para aditivos alimentares; recomenda que os aditivos sejam especificados quanto à sua identidade e pureza, para que possam ser adotados pela comissão; aprova métodos de análise para a determinação de aditivos em alimentos; e elabora normas para rotulagem de aditivos alimentares.

Todas as legislações vigentes trabalham para controlar o uso de aditivos nos alimentos, de modo a garantir que seu uso seja seguro e que ele nunca seja usado para mascarar danos ou alterações sofridas pelos alimentos ao longo do processo de fabricação. Do ponto de vista tecnológico, um aditivo deve ser usado para facilitar o processamento de um alimento e garantir uma melhor aceitação pelo consumidor.

Alimentos que contêm aditivos são considerados "ruins", e isso realmente é uma realidade atual, no entanto existem compostos ou grupo de compostos que trazem benefícios à saúde e estão sendo adicionados aos alimentos com uma terminologia diferente, a qual os tornam mais aceitáveis, por exemplo, *alimentos funcionais* e/ou *aditivos alimentares funcionais*, os quais, por serem ingredientes que fornecem efeitos específicos à saúde do indivíduo, devem ser expressos de uma forma atraente ao consumidor. A adição de fitoesteróis para a redução de colesterol sanguíneo ou a adição de substitutos de gordura para redução de calorias são exemplos de aditivos que, de certa forma, são mais interessantes do ponto de vista nutricional do que tecnológico.

Independentemente da terminologia utilizada, é de fundamental importância o conhecimento dos aditivos e de suas funções para que a escolha de um alimento seja a mais adequada para o indivíduo no momento da compra. Para o consumidor comum, isso é difícil, uma vez que ele não tem o conhecimento a respeito do assunto, no entanto o profissional que orientará a compra e a ingestão dos produtos deverá saber profundamente os ingredientes adicionados aos alimentos processados e suas propriedades.

Os aditivos são obtidos de forma natural, ou seja, são substâncias encontradas na natureza, como a pectina, tocoferóis e lecitina. Eles podem ser sintéticos idênticos ao natural, como a vitamina C, ou produzidos por fermentação, como a goma xantana.

Para saber se um aditivo é seguro para a saúde do consumidor nas quantidades consumidas, existem os ensaios toxicológicos, os quais são avaliados pelo JECFA, sendo necessário também que sejam feitas análises físicas e determinada a estrutura química do aditivo, para que ele seja identificado e dosado no alimento. A empresa que produz o aditivo deve fornecer as informações sobre os métodos de fabricação, a caracterização química, as funções e as quantidades

utilizadas no alimento. Deve também expor os experimentos sobre perfil metabólico e bioquímico, relatando dados sobre o grau de absorção, se o aditivo é acumulado nos tecidos e órgãos e como o aditivo é eliminado metabolicamente. A avaliação toxicológica deve envolver ensaios que permitam saber a toxicidade aguda, subaguda ou crônica de um aditivo.

A partir dos ensaios toxicológicos, é possível identificar o Noel (*No Observable Effect Level*), ou seja, a maior quantidade da substância identificada, experimentalmente, que não provoca alteração detectável de morfologia, capacidade funcional, crescimento, desenvolvimento ou vida média do animal. Depois de se obter a quantidade de aditivo que não demonstrou efeitos tóxicos ou acumulativos para o homem, determina-se o coeficiente de segurança dividindo-se o Noel por cem. Essa operação matemática resulta em um número que determina o fator de segurança ou coeficiente de segurança, e isso é importante de ser determinado, porque as análises são feitas em animais e existem diferenças de sensibilidade entre homens e animais usados nos experimentos, além disso existem diferenças de sensibilidade dentro da espécie humana; nos testes realizados, o número de animais testados é limitado.

Após a determinação do coeficiente de segurança, é possível definir a quantidade da substância em miligramas, por quilo de peso corpóreo, que poderá ser consumida por dia, por toda a vida, sem que o consumidor tenha algum risco para sua saúde. Essa definição corresponde à Ingestão Diária Aceitável (IDA) e é estabelecida pela avaliação do JECFA para cada aditivo, que publica uma monografia com as especificações de cada aditivo. Pode ser que a IDA seja "não especificada", porque não foram observados efeitos deletérios em relação a uma maior dose do aditivo testada nos experimentos, dessa forma, como não há problemas de segurança em qualquer dose, não há necessidade de limitar o uso do aditivo. Se for estabelecida uma IDA para um aditivo ou grupo de aditivos, antes de autorizar a utilização, é feita uma estimativa de quanto o consumidor consumirá o alimento, levando em consideração os hábitos alimentares da população e a necessidade tecnológica de se usar o aditivo em questão.

Assimile

Para garantir a inocuidade de um aditivo, é necessário que sejam feitas análises toxicológicas em animais de laboratório para se determinar a dose máxima do aditivo que não irá causar problemas à saúde do consumidor. Para ser aprovado para uso em alimentos, é necessário também que seja determinada a estrutura química e as propriedades físicas.

Atualmente, os aditivos possuem importantes aplicações tecnológicas na produção de alimentos, sendo que, apesar de sua utilização ser extremamente necessária, existem preocupações quanto aos riscos toxicológicos e às reações adversas que podem ocorrer devido à ingestão diária dessas substâncias. A literatura relata alguns mecanismos fisiopatológicos envolvidos na intolerância e nas reações alérgicas a aditivos, no entanto não se sabe exatamente como isso acontece. As reações adversas podem ocorrer em pessoas normais e são subdivididas em: superdosagem; efeitos colaterais de expressão imediata ou tardia; efeitos indiretos ou secundários relacionados ao aditivo ou a doenças associadas; interações entre aditivos ou com medicamentos. As reações adversas imprevisíveis ocorrem em indivíduos susceptíveis e são subdivididas em: intolerância; reações idiossincrásicas; reações de hipersensibilidade ou alérgicas; e reações pseudoalérgicas.

Foram relatados sintomas dermatológicos, como angioedema, dermatite, eczema, prurido e urticária; sintomas gastrointestinais, como dor abdominal, diarreia, náuseas, edema de língua ou laringe e vômito; sintomas respiratórios, como asma, tosse e rinite; sintomas relacionados ao músculo esquelético, como mialgia, fadiga e atralgia; sintomas neurológicos, como desordem de comportamento, cefaleia, neuropatia e parestesia; sintomas cardiovasculares, como arritmia, taquicardia e palpitações, assim como tremores, anafilaxia e lacrimejamento.

Esses relatos reforçam, indiscutivelmente, a necessidade de rotular os alimentos processados de uma forma mais clara possível, de modo que o indivíduo consiga saber exatamente o que está ingerindo e, dessa forma, se proteger de possíveis transtornos provocados pela ingestão de alimentos que contenham substâncias reativas.

Os aditivos alimentares são classificados de acordo com sua função em diversas categorias, tendo como referência a

legislação vigente. Eles são numerados de acordo com o sistema internacional de numeração de aditivos alimentares, o International Numbering System (INS), que foi estabelecido pelo Comitê do Codex Alimentarius da Organização Mundial de Saúde (FAO/OMS) sobre Aditivos Alimentares e Contaminantes de Alimentos (CCFAC). Quando um aditivo é adicionado ao alimento, seu nome ou seu INS deverá constar no rótulo. Cada aditivo possui seu número próprio.

Classificação dos aditivos:

- Agente de massa (AGC): substância que confere o aumento da massa e/ou do volume dos alimentos. Ex.: polidextrose INS 1200.
- Antiespumante (AN ESP): previne ou reduz a formação de espuma. Ex.: dimetilpolisiloxana INS 900.
- Antiumectante (AN AH): reduz a higroscopicidade dos alimentos e diminui a tendência de adesão entre as partículas, dessa forma eles evitam o empedramento. Ex.: carbonato de cálcio INS 170i.
- Antioxidante (ANT): retarda o aparecimento de alteração oxidativa no alimento e evita o aparecimento de off-flavors (ranço). Ex.: ácido ascórbico INS 300, butil hidroxianisol (BHA) INS 320, butil hidroxitolueno (BHT) INS 321 e ácido eritórbico INS 315.
- Corante (COL): confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento. Ex.: tartrazina INS 102. São classificados em corante orgânico natural (urucum), corante orgânico sintético artificial (indigotina INS 132), corante orgânico sintético idêntico ao natural (clorofilina) e corante inorgânico (dióxido de titânio).
- Conservante (CONS): impede ou retarda a alteração dos alimentos provocada por microrganismos ou enzimas. Ex.: ácido acético INS 260, sorbato de potássio INS 202, ácido benzoico INS 210, nitrito de sódio INS 249, nitrito de potássio INS 250 e nisina INS 234.
- Edulcorante (EDU): substância diferente dos açúcares, que confere sabor doce ao alimento. Ex.: aspartame INS 951. Os edulcorantes podem ser classificados em naturais

(esteviosídeo INS 960) e artificiais (ciclamato INS 951, sacarina INS 954 e sucralose INS 955).

- Espessante (ESP): aumenta a viscosidade de um alimento. Ex.: goma arábica INS 414.
- Geleificante (GEL): confere textura na formação de um gel. Ex.: alginato de cálcio INS 404.
- Estabilizante (EST): mantém uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis presentes no alimento, porque ajudam a não ter separação física das fases. Ex.: carboximetilcelulose INS 469. Vale salientar que os estabilizantes atuam nas três interfaces em alimentos: líquido/líquido ou emulsão; ar/líquido ou espuma; e sólido/líquido ou dispersão.
- Aromatizante (ARO): substância ou mistura de substâncias com propriedades de aroma ou sabor, que confere ou reforça o aroma e/ou sabor dos alimentos. Os aromatizantes são classificados em naturais, por exemplo os óleos essenciais, e em sintéticos. Os aromatizantes sintéticos podem ser idênticos aos naturais ou artificiais.
- Umectante (HUM): evita que os alimentos percam umidade quando estão armazenados em ambientes com umidade relativa baixa, além do ressecamento deles, porque retém água; e facilita a dissolução de uma substância seca em meio aquoso. Ex.: glicerina INS 422.
- Regulador de acidez (AC REG): altera ou controla a acidez ou alcalinidade dos alimentos. Ex.: bicarbonato de sódio INS 500(ii).
- Acidulante (ACI): aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos. Ex.: ácido cítrico INS 330. Os ácidos são usados em fermentos químicos e na inibição do crescimento microbiano para a conservação de alimentos; são agentes quelantes; são importantes para manter o gel de pectina; podem ser usados como agentes antiespumante e emulsificante; induzem a coagulação do leite para a produção de queijo e produtos lácteos. A adição de ácido cítrico e ácido hidroclorídrico ao leite frio produz um gel de estrutura uniforme após o aquecimento.

- Emulsificante (EMU): torna possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento. Ex.: lecitina INS 322.

Exemplificando

O ácido cítrico apresenta gosto de limão, enquanto que o ácido acético possui o sabor do vinagre. O ácido tartárico tem sabor acentuado com uma breve percepção. O ácido málico também tem sabor pronunciado. O gosto do ácido láctico é suave e duradouro.

O ácido cítrico é usado como acidulante e antioxidante na fabricação de refrigerantes, sobremesas, conservas de frutas, geleias, doces e vinhos; também é utilizado na composição de sabores artificiais de refrescos em pó e na preparação de alimentos gelatinosos. O ácido cítrico previne a turbidez, confere sabor de frutas, auxilia na carbonatação, potencializa os conservantes, reduz a alteração de cor e prolonga a estabilidade da vitamina C em alguns alimentos.

- Melhorador de farinha (FLO): melhora a qualidade tecnológica da farinha. Ex.: lactato de cálcio INS 327.
- Flavorizantes (EXA): ressalta ou realça o sabor/aroma de um alimento. Ex.: glutamato monossódico INS 621.
- Fermento químico (RAI): permite a liberação de gás, contribuindo para o aumento do volume da massa. Ex.: ácido glucônico INS 574.
- Glaceante (GLA): confere uma aparência brilhante ou um revestimento protetor na parte externa do alimento. Ex.: ácido esteárico INS 570(i).
- Agente de firmeza (FIR): mantém os tecidos de frutas ou hortaliças firmes, ou interage com agentes geleificantes para fortalecer um gel. Ex.: gluconato de cálcio INS 578.
- Sequestrante (SEC): forma complexos químicos com íons metálicos. Ex.: ácido cítrico INS 330.
- Estabilizante de cor (EST COL): estabiliza, mantém ou intensifica a cor de um alimento. Ex.: hidróxido de magnésio INS 528.
- Espumante (FOA): possibilita a formação ou a manutenção de uma dispersão uniforme de uma fase gasosa em um alimento líquido ou sólido. Ex.: metiletilcelulose INS 465.

Assimile

Os aditivos são classificados de acordo com sua função, principalmente, em: agentes de massa, corantes, aromatizantes, edulcorantes, umectantes, antiumectantes, espumantes, antiespumantes, espessantes, antioxidantes, gelificantes, acidulantes, regulador de acidez, conservantes, estabilizantes, emulsificantes, melhorador de farinha, fermento químico, glaceante, agentes de firmeza, sequestrante, estabilizante de cor, realçador de sabor, entre outros.

A lista abordada nesta seção está longe de ser completa, pois existem muitos aditivos no mercado hoje, cada um com sua função específica e, muitas vezes, o mesmo aditivo possui várias funções em um único alimento.

Para o profissional que trabalha com alimentos industrializados, é fundamental a constante reciclagem do conhecimento dos tipos de aditivos utilizados e como eles estão apresentados nos rótulos, pois a cada dia é mais difícil uma alimentação totalmente natural, por isso a tecnologia de alimentos acompanha a inovação de produtos alimentícios, com o intuito de oferecer alimentos de alta qualidade.

Reflita

Agora que você compreendeu um pouco do universo dos aditivos alimentares, reflita sobre os questionamentos a seguir e converse com seus colegas e professores:

- Alimento que contém aditivos é um alimento ruim para ser consumido pelos indivíduos?
- Se o alimento tiver aditivos na sua composição, deve ser totalmente descartado de uso?
- Aditivo é sinônimo de contaminante?
- Todos os aditivos fazem mal à saúde?
- Qualquer indústria pode adicionar qualquer aditivo e em qualquer quantidade ao seu produto desde que seja permitido pela legislação?
- O ser humano pode ter alergias ou alguma reação adversa pelo consumo de um determinado aditivo?

Pesquise mais

Pesquise mais sobre a classificação, o nome químico e as funções dos aditivos lendo as páginas 576 a 582 do livro a seguir:

DAMODARAN, S.; PARKIN K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Sem medo de errar

Os mecanismos de degradação que promovem a diminuição da vida de prateleira dos alimentos são, principalmente: crescimento microbiano, reações químicas e reações enzimáticas. Por esse motivo é que os aditivos relacionados à manutenção das características ideais de um alimento são polivalentes em vários aspectos. Sua experiência trabalhando com alimentos industrializados faz com que Tomás entenda que todos os ingredientes envolvidos na elaboração de um produto exerçam um papel diferente e que, ao final, cada um, individualmente, contribui para a aceitação do alimento pelos consumidores. Dentre os diversos tipos de aditivos, os conservantes e os antioxidantes são aditivos que estão diretamente relacionados à conservação de alimentos. As substâncias químicas capazes de oferecer proteção contra oxidação são:

O ácido ascórbico e o ácido eritórbico são usados como removedores de oxigênio em bebidas à base de suco de frutas, cerveja e produtos enlatados ou engarrafados contendo espaço livre.

A adição de pequenas quantidades de **BHA** ou **BHT** ao produto antes do cozimento ou da secagem protege o produto durante o processamento e o armazenamento. São utilizados em gordura animal, óleos vegetais, produtos assados, cereais, purê de batata desidratado, óleos essenciais e embalagens.

Os galatos são usados em gordura animal, óleos vegetais, leite em pó integral, margarina, produtos de confeitaria, cereais e balas como antioxidantes e conservantes. O galato de propila se degrada na temperatura de fritura, por isso deve ser usado em conjunto com outro aditivo ou substituído conforme a necessidade. Durante a refrigeração de carnes pré-cozidas, ocorre a perda de aroma característico e o aparecimento de *flavor* oxidado, rançoso ou azedo, conhecido como *warmed-over flavor* no período de 1-3 dias. Isso ocorre devido à oxidação dos fosfolipídeos da membrana

e à degradação de proteínas e de compostos associados com o aroma da carne fresca cozida. As carnes de peru e frango oxidam rapidamente em razão da alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados. A carne escura é mais sensível por conter maior quantidade de ferro e fosfolipídeos. A carne de peru oxida mais rapidamente do que a do frango, pois contém baixos níveis de alfatocoferol. Os antioxidantes funcionam melhor na presença de sequestrantes ou agentes complexantes, como **EDTA, lecitina e ácido cítrico**. Essas substâncias atuam formando um anel em volta do íon metálico, impedindo sua participação na reação.

O polifosfato de sódio combinado com o ácido ascórbico é utilizado para estabilizar o *flavor* do creme de leite esterilizado. Para controlar a oxidação da manteiga e inibir a descoloração devido à reação de Maillard em leite condensado açucarado, são usados os polifosfatos. Na indústria de carne, o fosfato é utilizado na retenção da cor e no controle do desenvolvimento de sabor estranho. O **fosfato** preserva a cor e o *flavor* de produtos à base de peixe e frango cozido ou refrigerado. Os fosfatos estabilizam a emulsão manteiga-proteína-água. O fosfato aumenta a vida útil de vegetais desidratados. Os fosfatos preservam a cor natural de tomate, ketchup e sucos.

O pirofosfato ácido de sódio controla o escurecimento da batata após o cozimento e das maçãs fatiadas; também preserva a textura e o flavor.

Os conservantes químicos como propriedades antimicrobianas previnem a degradação e garantem a segurança microbiológica dos alimentos.

Tomás pesquisou sobre a ação de alguns conservantes mais utilizados e sua função específica em alimentos:

Os ácidos sórbico e benzoico são usados como agentes antimicrobianos. **O ácido cítrico** é adicionado a frutas e vegetais com acidez moderada, para reduzir o pH e proteger o alimento enlatado contra o crescimento do *Clostridium botulinum*. Além disso, com o pH ácido, é possível alcançar a esterilização utilizando temperaturas de processamento mais brandas.

O ácido acético e o vinagre são usados em carnes marinadas e peixes. São usados também em maionese, ketchup e picles. O acetato de sódio, o acetato de potássio, o acetato de cálcio e o diacetato de sódio são usados em pães e produtos de padaria, para evitar o crescimento de fungos.

Ácido propiônico e seus sais de sódio e cálcio são usados contra fungos e bactérias em panificação.

O ácido sórbico e seus sais são usados em queijos, produtos de panificação, suco de frutas, vinho e picles como antimicóticos. São muito eficientes em retardar o crescimento de *C. botulinum* em toucinho e pescado fresco refrigerado. Usado também em carnes frescas, peixes e frango.

Ácido benzoico é usado em suco de frutas, bebidas carbonatadas, picles e chucrutes.

Sulfitos e dióxido de enxofre (SO_2) são usados para inibir reações enzimáticas, inibir o escurecimento não enzimático, inibir e controlar o crescimento microbiano, assim como podem ser agentes antioxidantes. O dióxido de enxofre é usado para evitar a produção de pigmentos escuros durante a manipulação de alguns vegetais e frutas frescas. O uso de sulfitos e metabissulfito é eficaz para controlar o escurecimento enzimático em batatas, cenouras e maçãs após descascadas e fatiadas. Antes da secagem de frutas, pode-se aplicar dióxido de enxofre gasoso para prevenir o escurecimento.

Nitrito e sais de nitrato são usados na cura de carnes, contribuindo para a fixação da cor, o desenvolvimento de sabor característico e a inibição do crescimento microbiano, principalmente do *Clostridium botulinum*.

Ésteres de glicerol são efetivos contra bactérias gram positivas e algumas leveduras em carnes curadas e pescado fresco embalado e refrigerado.

O arginato de laurila é eficaz contra *Campylobacter*, *Salmonella*, *Clostridium*, *Escherichia* e *Staphylococcus*.

A natamicina ou pimaricina é usada contra bolores em queijos curados.

Ésteres alquílicos do p-hidroxibenzoato ou parabenos são usados como conservantes em produtos de panificação, refrigerantes, cervejas, azeitonas, picles, geleias e xaropes.

Os epóxidos são usados para reduzir a carga microbiana em temperos.

Antibióticos, como a nisina, são utilizados em queijos processados.

O dietil pirocarbonato é usado em suco de frutas, vinho e cerveja no processo de pasteurização a frio para soluções aquosas, pois são hidrolisados o dióxido de carbono e o etanol após o processamento.

Após o estudo detalhado, Tomás é capaz de escolher o melhor ingrediente para seu produto.

Avançando na prática

Separar? Jamais!

Descrição da situação-problema

Cristiano, engenheiro de alimentos, foi recentemente contratado para o desenvolvimento de emulsões alimentícias. Os constituintes dos alimentos formados por emulsões interagem entre si para alcançar as características desejadas, por isso merecem atenção específica, pois as propriedades sensoriais e físico-químicas de uma emulsão são importantes para a aceitação do produto. Quando as gotículas de óleo estão dispersas na fase aquosa, é uma emulsão óleo/água; quando as gotículas de água estão dispersas na fase oleosa, é uma emulsão água/óleo. Diante disso, o trabalho de Cristiano deve começar com o conhecimento das características químicas e as aplicações dos vários tipos de emulsificantes disponíveis no mercado. O que Cristiano deve levar em conta para escolher o emulsificante mais adequado?

Resolução da situação-problema

Para conseguir escolher o emulsificante mais adequado no desenvolvimento de seus produtos, Cristiano listou os vários tipos e suas principais aplicações:

- Monoglicerídio succinilato e etoxilado tem a função de complexação com proteínas e amido, por isso é muito utilizado na indústria de panificação.
- O diacetil tartarato éster de monoglicerídeo (DATEM) possui habilidade de se ligar ao glúten, melhorando a capacidade de retenção de gás.
- O lactato de monoglicerídio é utilizado em panificação.
- Acetoglicerídio é usado para aglomeração, plasticidade e estabilização de espumas em produtos derivados da carne, como salsicha e em produtos de cobertura para doces.
- Citroglicerídios é utilizado na indústria de carne e margarina.

- Estearoil lactilato é o único emulsificante sintético usado em alimentos e é aplicado, principalmente, na indústria de panificação e de amido.
- Éster de sacarose não apresenta sabor e odor e é utilizado na estabilização de emulsão do tipo óleo em água de alguns produtos em pó e desidratados.
- Lecitina é um importante emulsificante natural obtido comercialmente como uma mistura de diversos fosfolipídeos dissolvidos em óleos. Sua utilização é feita em diversos tipos de alimentos, como margarina, chocolate, leite em pó, biscoitos, sorvetes, massas alimentícias, na indústria de panificação, em bebidas, no processamento de chantilly, cremes vegetais, entre outras aplicações.
- Emulsificantes poliméricos: todas proteínas solúveis podem ser usadas como emulsificantes, pois ocorre uma abertura da molécula na interface. A caseína é a proteína mais utilizada como emulsificante. Os polissacarídeos são utilizados, principalmente, para controlar a viscosidade do produto, porque, devido ao alto peso molecular, se acomodam nos espaços entre as gotículas e assumem um efeito osmótico, promovendo a estabilização da emulsão e, ainda, os diversos emulsificantes não iônicos que podem ser utilizados.

Faça valer a pena

1. O técnico em bromatologia foi contratado para desenvolver um recheio doce à base de creme para bolachas. A textura do creme e seu sabor estavam compatíveis para sua finalidade, no entanto foram encontrados dois problemas: 1. O biscoito tinha uma vida de prateleira curta, pois havia crescimento de microrganismos à temperatura ambiente em apenas dois dias; 2. A população-alvo para o consumo desse biscoito são pessoas que não podem ingerir açúcar.

Assinale a resposta que indica quais classes de aditivos serão utilizadas para resolver os problemas.

a) 1 – espessante e 2 – acidulante.
b) 1 – conservante e 2 – edulcorante.
c) 1 – estabilizante e 2 – estabilizante.
d) 1 – conservante e 2 – espessante.
e) 1 – estabilizante e 2 – espessante.

2. Analise as afirmativas a seguir sobre aditivos e assinale V para verdadeiro e F para falso:

(__) O uso de aditivos empregados na fabricação de alimentos se destina a aumentar o valor nutritivo, sensorial e a vida de prateleira.

(__) A sacarina sódica, o ciclamato e o aspartame são aditivos empregados em bebidas e alimentos dietéticos, com a finalidade de conferir o sabor doce. Esses aditivos são classificados como edulcorantes.

(__) Com o objetivo de evitar o aparecimento de off-flavor e de evitar a perda de aroma e sabor durante o processamento de um determinado alimento, é mais adequado usar, respectivamente, um antioxidante e um flavorizante.

(__) Após a elaboração de uma mistura para sopa, foi verificado que ela não atingia a consistência adequada apenas com os ingredientes. Para que essa sopa atinja sua textura desejável, é necessário que sejam adicionados espessantes e/ou gelificantes.

(__) Você foi contratado para trabalhar com análise de alimentos em uma indústria que produz pó para refresco. Na tentativa de abranger um mercado consumidor maior, foi sugerida a possibilidade de trocar alguns aditivos da formulação. O procedimento mais adequado para garantir a inocuidade do produto é fazer todas as análises químicas e, depois, uma análise sensorial para saber se a mudança do ingrediente não alterou o sabor e aroma do produto.

(__) IDA é a maior concentração de um agente que não provoca alterações detectáveis da morfologia, da capacidade funcional, do crescimento, do desenvolvimento ou da vida médica do objeto em estudo, que pode ser ingerida sem causar danos ao indivíduo.

Em relação às afirmativas, assinale a alternativa que contenha a sequência correta.

a) V – V – V – V – F – F.
b) V – V – F – V – V – F.
c) F – F – V – V – F – V.
d) V – F – V – V – F – F.
e) F – V – V – F – F – V.

3. Durante o armazenamento do leite em pó integral, foram observados vários problemas no decorrer do período dos testes de prateleira: 1. O leite apresentou absorção de água, ou seja, houve empedramento; 2- O leite apresentou um sabor de ranço; 3. O leite apresentou baixa solubilidade quando acrescentou água.

Quais classes de aditivos, respectivamente, você usaria para resolver o problema?

a) 1 – conservante, 2 – antioxidante, 3 – emulsificante.
b) 1 – umectante, 2 – emulsificante, 3 – espessante.
c) 1 – espessante, 2 – umectante, 3 – emulsificante.
d) 1 – emulsificante, 2 – antioxidante, 3 – antiumectante.
e) 1 – antiumectante, 2 – antioxidante, 3 – emulsificante.

Referências

ARAÚJO, Júlio Maria A. **Química de alimentos teoria e prática**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.

AUN, M. V. et al. Aditivos em alimentos. **Rev. bras. alerg. imunopatol**., v. 34, n. 5, 2011. Disponível em: <http://www.asbai.org.br/revistas/vol345/V34N5-ar-01.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Quimica de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Editora Acribia, 1997. p. 449- 457.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Ed. Varela, 1992. p. 133-135.

CARDOSO, Marly Augusto. **Nutrição humana**. Nutrição e metabolismo. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 79-132.

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007. p. 49-58.

DAMODARAN, S.; PARKIN K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 537- 606.

GAVA, Altanir Jaime. **Tecnologia de alimentos**: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2008. p. 340-442.

ORDÓNEZ, Juan A. **Tecnologia de alimentos**. Componentes dos alimentos e processos. v. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 81-92.

SILVA, João Andrade. **Tópicos em tecnologia de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000. p. 215-227.

WARDLAW, Gordon M. **Nutrição contemporânea**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. p. 312- 360.

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

ISBN 978-85-522-0534-0

9 788552 205340 >