

O PAPEL DOS ADITIVOS NA TOXICOLOGIA DOS ALIMENTOS

Há 75.000 anos atrás, o homem utilizava o aquecimento para remover as toxinas de certos alimentos venenosos. Hoje, a indústria utiliza aditivos alimentares não somente para eliminar as toxinas dos alimentos, mas também para conservá-los, para manter o aroma ou para melhorar o seu sabor e sua aparência.

A TOXICOLOGIA E OS ALIMENTOS

Desde o início da evolução dos primeiros seres humanos, a busca por alimentos tem sido uma das principais atividades do homem. Um conceito importante na garantia de um alimento saudável é o dos “perigos”, que podem ser de origem biológica, química ou física. Entre os perigos de origem biológica estão os microorganismos (protozoários, fungos, bactérias e vírus), as principais causas de contaminação de alimentos. Os alimentos possuem uma composição

bastante complexa, ou seja, possuem um número muito grande de componentes. Estes componentes são em sua maior parte água, proteínas, lipídios e carboidratos, além de sais minerais, vitaminas (cofatores) e ácidos nucleicos.

Tal como o corpo humano, que consegue aproveitar significativa parte destes compostos, uma grande variedade de espécies de microorganismos também estão habilitados a fazê-lo. Isso faz com que os alimentos sejam locais ideais para a proliferação desses organismos.

As bactérias são um dos grupos mais conhecidos e numerosos. Podem

ser deteriorantes, quando causam alterações nas propriedades sensoriais (cor, cheiro, sabor, textura, viscosidade, etc.) ou patogênicas, que causam doenças.

Os fungos são, a grosso modo, divididos em fungos filamentosos (bolors) e leveduras. Sua ocorrência é mais comum em alimentos com baixo percentual de água e/ou elevada porção de lipídios, como amêndoas e castanhas, por exemplo. Os fungos são os principais perigos biológicos destes alimentos. Seu risco está na produção de micotoxinas por algumas espécies. Estes compostos ao serem ingeridos, acu-

mulam-se no organismo, causando uma série de transtornos, desde ataques ao fígado a alguns tipos de câncer.

Em sua maior parte, o grupo de microorganismos mais associado aos perigos biológicos são as bactérias e os fungos, contudo, atualmente vem se dando um maior destaque aos vírus, como o caso da febre aftosa ou da gripe aviária, por exemplo.

Entende-se por perigos físicos a existência de corpos estranhos, como pedaços de metal, pedaços de borracha, pedaços de plástico, areia, parafusos, pedaços de madeira, cacos de vidro ou pedras.

A microscopia eletrônica de grãos de areia é um exemplo de perigo físico. Durante o processamento ou preparo de alimentos, pode ocorrer uma contaminação física no produto. Estas contaminações provêm, principalmente, dos próprios equipamentos, que podem soltar pedaços de metais e/ou plástico e/ou borracha (especialmente em equipamentos com agitadores mecânicos), parafusos, etc., ou das matérias-primas, que trazem consigo sujidades aderidas aos produtos no momento da colheita ou do transporte.

O mercúrio, assim como os demais metais pesados, é considerado um perigo químico. Compostos químicos tóxicos, irritantes ou que não são habitualmente usados como ingrediente. Podem ser agrotóxicos, hormônios (sintéticos), antibióticos, detergentes, metais pesados, óleo lubrificante, entre outros. Desde o momento da produção até o consumo, os alimentos estão sujeitos à contaminação química.

Essa contaminação pode ocorrer no próprio campo, através da aplicação de inseticidas, herbicidas e outros agentes para controle de pragas na agricultura. A contaminação pode ser ocasionada também pela contaminação do solo com metais pesados.

Durante milhares de anos, a tentativa e erro foi o único método utilizado para detectar a presença de substâncias tóxicas em alimentos. A revolução ocorrida nas últimas décadas nos conhecimentos de química



Alimento contaminado

e biologia molecular, que são a base da toxicologia moderna, aumentou a capacidade de detectar quantidades extremamente pequenas de agentes tóxicos e de compreender detalhadamente os mecanismos de ação dessas substâncias tóxicas.

A toxicologia é definida como o estudo dos efeitos adversos das substâncias químicas sobre os organismos vivos. No contexto moderno, a toxicologia fundamenta-se fortemente nos campos da química e biologia e busca uma compreensão detalhada dos efeitos tóxicos e dos meios para evitar ou reduzir a toxicidade.

A toxicologia dos alimentos enfoca a análise e os efeitos tóxicos de substâncias bioativas presentes em alimentos. A toxicologia dos alimentos é um campo distinto que avalia os efeitos dos componentes da complexa matriz química da dieta sobre as atividades dos agentes tóxicos que podem ser produtos endógenos naturais, introduzidos por organismos contaminantes ou resultar da produção, do processamento e da preparação dos alimentos.

AÇÃO DOS MICROORGANISMOS NOS ALIMENTOS

Centenas de gêneros e espécies de microorganismos, provenientes do solo, da água, do ar, de utensílios, do trato intestinal do homem e de animais, dentre outros, podem contaminar os alimentos. Os microorganismos podem ser classificados em três categorias, dependendo do tipo de interação com o alimento. Os microor-

ganismos deterioradores promovem alterações químicas que comprometem a qualidade do alimento. Geralmente, a deterioração está associada a alterações sensoriais (aparência, odor, sabor, textura), resultantes da atividade metabólica dos microorganismos, que utilizam compostos do alimento como fonte de energia. Os microorganismos patogênicos promovem o desenvolvimento de infecções ou intoxicações no indivíduo que consumir o alimento contaminado. Por fim, há os que promovem reações químicas específicas que produzem alterações desejáveis em alimentos, modificando suas características sensoriais; é o caso dos microorganismos utilizados na produção de alimentos fermentados, como queijos, vinhos e pães, entre outros.

Os microorganismos contaminantes geralmente não estão presentes em tecidos vivos saudáveis; no entanto, invadem os tecidos quando ocorrem injúrias mecânicas ou desintegração de tecidos, como no processamento.

Alimentos comercialmente esterilizados e acondicionados em embalagens metálicas ou de vidro podem sofrer deterioração microbiológica se o tratamento térmico for insuficiente, ou quando ocorrerem falhas na hermeticidade da embalagem, de forma a permitir a entrada de microorganismos. Para produtos pasteurizados, as alterações microbiológicas dependem das características do alimentos, como meio de cultura, da carga microbiana sobrevivente ao tratamento térmico,

de contaminações após o processamento e da temperatura de estocagem.

De acordo com sua estabilidade, os alimentos podem ser classificados em perecíveis, semi perecíveis e não perecíveis. Os perecíveis são alimentos que se alteram rapidamente, a menos que sejam submetidos a processos de conservação. Geralmente, requerem baixas temperaturas de estocagem para melhor estabilidade. Nos alimentos perecíveis, as alterações microbiológicas geralmente antecedem às demais, sendo, muitas vezes, perceptíveis sensorialmente pelo consumidor. Esses alimentos apresentam vida útil de apenas alguns dias quando refrigerados, e de alguns meses quando congelados. Exemplos são o leite, as carnes frescas, as frutas e as hortaliças *in natura*. Os semi perecíveis têm sua estabilidade aumentada em decorrência de determinadas técnicas de processamento. A estabilidade pode ser estendida para cerca de 30 a 90 dias, quando mantidos sob refrigeração. Exemplos são os produtos cárneos defumados, e os queijos curados. Finalmente, os não perecíveis podem ser estocados a temperatura ambiente por um período de tempo prolongado, sem que haja crescimento microbiano suficiente para se caracterizar a deterioração. Reduções no valor comercial de tais produtos podem ocorrer devido a alterações físicas e químicas, após uma prolongada estocagem. Exemplos são os cereais, os grãos, os produtos desidratados e os enlatados.

AS TOXINFECCÕES

As toxinfecções alimentares decorrem de vários fatores e seu grau de gravidade é em função do tipo de microorganismo ingerido, do número de microrganismos (grau de contaminação do alimento), de sua multiplicação no organismo, da quantidade da toxina elaborada no alimento ou no organismo, e da sensibilidade do hospedeiro (idade, estado de saúde).

Manifestam-se pelo aparecimento de sintomas característicos, conforme



o microorganismo responsável.

As doenças provocadas nos homens e nos animais têm causas muito variadas, destacando-se as alergias; os envenenamentos por substâncias químicas que podem existir no alimento, ser introduzidas nele ou ser produzidas por microorganismos; e as doenças do tipo infecciosas provocadas por microorganismos.

As doenças bacterianas de origem alimentar podem ser produzidas por três tipos de bactérias: as bactérias toxigênicas, que formam toxinas no alimento durante a sua multiplicação, cuja ingestão provoca no consumidor um quadro patológico, que está relacionado apenas com a toxina e não com as células bacterianas, tendo como exemplo o *Clostridium botulinum* e *Staphylococcus aureus*; as bactérias patogênicas, que contaminando o alimento ingerido, podem multiplicar-se ativamente no aparelho digestivo (intestino), provocando uma reação do tipo infeccioso, sendo que os sintomas da doença só aparecem se no alimento existirem células viáveis dessas bactérias (ex.: *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* e *Vibrio parahaemolyticus*); e multiplicação anormal de bactérias habitualmente saprófitas, que pode provocar reações no consumidor idênticas às causadas por bactérias patogênicas, tendo como exemplo o *Enterococcus*.

Nas toxinfecções alimentares as bactérias mais frequentes são a *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium perfringens*. As principais outras bactérias que, embora menos vezes responsabilizadas, podem dar

origem a toxinfecções alimentares graves são o *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia*, *Shigella*, *Campylobacter* e *Vibrio parahaemolyticus*.

OS ADITIVOS ALIMENTARES E A TOXICOLOGIA

Um aditivo alimentar é uma substância ou mistura de substâncias que não fazem parte dos componentes básicos dos alimentos e que são adicionadas em quantidades cientificamente controladas para manter o aroma ou para melhorar o sabor e a aparência dos alimentos.

Existem duas classes de aditivos alimentares: os incidentais, que podem estar presentes em quantidades mínimas nos alimentos como resultado de alguma fase de produção, processamento, armazenamento ou acondicionamento; e intencionais, que são adicionados intencionalmente aos alimentos a fim de desempenhar funções específicas. Nesta classe, encontram-se os conservantes, os agentes antimicrobianos e os antioxidantes, principais aditivos responsáveis por proteger os produtos alimentícios da deterioração e do crescimento de microorganismos.

Os conservantes

Uma das funções mais importantes dos aditivos alimentares é proteger os produtos alimentícios da deterioração. Os conservantes impedem a deterioração dos alimentos causada pela ação de microorganismos ou pela oxidação.

Um dos maiores problemas en-

frentados pela indústria de alimentos refere-se à preservação de seus produtos. Sal e açúcar são exemplos de substâncias que eram e ainda são utilizadas para conservar os alimentos. A preservação dos alimentos pode ser conseguida por aditivos químicos, os conservantes, ou por alguns processos físicos e biológicos, como refrigeração, secagem, congelamento, aquecimento e irradiação. Quando os alimentos não podem ser submetidos a essas técnicas é necessário o uso de conservantes.

A palavra conservante adquiriu gradualmente uma conotação mais ampla, abrangendo não apenas os compostos que inibem os micróbios, mas também os compostos que impedem a deterioração química e bioquímica. A ação dos conservantes não consiste em matar as bactérias (ação bactericida), mas em retardar sua ação por meio da inibição de sua atividade (ação bacteriostática).

Os conservantes são de especial importância em países tropicais, onde a deterioração de alguns alimentos é acentuada pelo grau de umidade e temperaturas próximas ao ótimo do desenvolvimento microbiano. A importância dos conservantes aumenta também quando há falta de instalações adequadas de armazenamento e o transporte do produto é deficiente ou onde as distâncias entre os centros produtores e consumidores são grandes. A escolha adequada de um conservante deve ser feita com base em alguns fatores, tais como o tipo de microorganismo a ser inibido, a facilidade de manuseio, o impacto no paladar, o custo e a sua eficácia. A eficácia de um conservante pode ser influenciada pela presença de outros inibidores do crescimento de microorganismos, como sal, vinagre e açúcar; pelo pH e composição do produto, pelo teor de água do alimento e pelo nível inicial de contaminação, seja do alimento ou ambiental (ligados às condições de processo e às instalações).

Não existe conservante que seja eficaz para todos os tipos de alimentos. O número de conservantes permitidos é bastante reduzido e não sofreu alte-

rações nos últimos anos. A definição de conservantes alimentícios é bastante simples; identificados pelo código P (de preservativos, como eram conhecidos anteriormente), trata-se de substâncias que prolongam o tempo de conservação dos gêneros alimentícios, protegendo os mesmos de alterações decorrentes de microorganismos ou enzimas.

Um conservante químico precisa preencher certas condições antes que seu uso em alimentos seja considerado: deve ser atóxico e adequado para uso; não deve transmitir sabores indesejados quando utilizado em níveis eficazes no controle do crescimento microbiano; deve ser de facilmente solúvel; deve exibir propriedades antimicrobianas dentro do intervalo de pH de cada alimento específico; e seu uso deve ser econômico e prático.

Alguns dos conservantes mais utilizados nos produtos alimentícios incluem o ácido sórbico e seus derivados, o ácido benzóico e seus sais, o ácido propiônico e seus sais, o dióxido de enxofre e seus derivados, os nitritos e nitratos, o ácido acético e acetatos, o ácido p-hidroxibenzoico e seus ésteres (parabenos), o ácido láctico e seus sais, e a nisina e a natamicina.

Os agentes antimicrobianos

Os agentes antimicrobianos são agentes químicos que inibem o crescimento de microorganismos. O cloreto de sódio (sal de cozinha) é o mais antigo agente antimicrobiano. Os ácidos orgânicos (acético, benzóico, propanóico e sórbico) são usados como agentes antimicrobianos em alimentos com baixo valor de pH. Os nitratos e nitritos são utilizados para inibir o crescimento da bactéria *Clostridium botulinum* em alimentos que contenham carne crua (linguiça, presunto, bacon e salame). O dióxido de enxofre e sulfitos são usados para controlar o crescimento de microorganismos em frutas secas, sucos e vinhos. E, a nisina e a natamicina são usados para inibir o crescimento

de bactérias e fungos.

Mas, em se tratando de antimicrobianos, a maior ênfase é dada as bacteriocinas, definidas como peptídeos antimicrobianos que destroem ou inibem o crescimento de outras bactérias taxonomicamente relacionadas com a cepa produtora. Muitas bactérias ácido-láticas produzem uma grande diversidade de bacteriocinas, sendo a nisina a única bacteriocina reconhecida pela FDA e usada como conservante alimentar.

As primeiras bacteriocinas descritas foram as colicinas, que são ativas contra *Escherichia coli*. Atualmente, são conhecidas muitas outras bacteriocinas produzidas por microorganismos Gram-positivos, patogênicos ou não.

A nisina é uma bacteriocina produzida por certas linhagens de *Lactococcus lactis*, cujo nome é derivado do termo “*N-inhibitory Substances*” (NiS), adicionado ao sufixo INA. Essa bacteriocina foi descrita pela primeira vez como uma substância inibidora do crescimento do *Lactobacillus bulgaricus*. Posteriormente, chegou-se a conclusão de que a nisina inibe o crescimento de bactérias Gram-positivas e o crescimento de esporos de *Clostridium* e *Bacillus*.

A atividade das bacteriocinas pode variar conforme a espécie bacteriana sensível e o ambiente em que se encontram. O potencial



de aplicação de uma determinada bacteriocina pode ser predito por suas propriedades. Características como estabilidade à temperatura, pH e espectro de ação estão entre as mais importantes para tal previsão. A atividade das bacteriocinas no alimento pode ser afetada por diversos fatores, como por exemplo, mudança na solubilidade e na carga eletrostática das bacteriocinas; ligação das bacteriocinas aos componentes do alimento; inativação das bacteriocinas por proteases; mudanças na parede ou na membrana celular dos microorganismos-alvo como resposta a fatores ambientais.

A eficácia da ação de diferentes bacteriocinas já foi testada em vários alimentos, principalmente produtos cárneos e laticínios, com relativo sucesso. No entanto, a autorização para que uma bacteriocina seja regulamentada para uso em alimentos depende dos alimentos nos quais ela será usada e seu propósito nos mesmos. O uso de bacteriocinas purificadas, microorganismos produtores de bacteriocinas, ou expressão genética de bacteriocinas em microorganismos produtores de alimentos nos Estados Unidos está sob jurisdição da FDA e são regulamentados como ingredientes alimentícios sob o *Federal Food, Drug and Cosmetic Act* (FFDCA). No FFDCA, as substâncias são reconhecidas como seguras (*Substances Generally Recognized as Safe* - GRAS) por especialistas qualificados.

Além das bacteriocinas, os agentes antimicrobianos naturais, que consistem em compostos com capacidade para inibir o crescimento de microorganismos, incluindo bactérias, vírus e fungos, constituem cada vez mais uma nova forma de garantir uma alimentação segura, mantendo inalterada a qualidade dos alimentos.

Na maioria dos casos, os antimicrobianos são usados principalmente para inibir o crescimento de fungos e leveduras, e sua ação depende, em grande parte, do pH. Quanto mais ácido o alimento, mais ativo é contra

os microorganismos. Os sistemas antimicrobianos naturais presentes nas plantas, animais ou microorganismos estão cada vez mais ganhando adeptos no âmbito da conservação natural, especialmente em atividades antimicrobianas a partir de extratos de vários tipos de plantas e partes de plantas que são usadas como agentes saborizantes em alguns alimentos.

Alguns dos avanços obtidos tem sido no uso combinado de alta pressão com agentes antimicrobianos naturais, como a nisina e a lisozima, ou a aplicação conjunta com tratamentos térmicos de baixa intensidade. Esta combinação de tratamentos tem permitido alcançar um efeito global superior ao obtido mediante o uso de somente uma destas tecnologias.

Os agentes antimicrobianos naturais são uma alternativa atrativa para oferecer produtos saudáveis e seguros. Aipo, amêndoas, café e cranberry são alguns dos alimentos que contêm agentes naturais com atividade antimicrobiana. Na maioria dos casos, se trata de substâncias com capacidade de prolongar a vida útil dos alimentos, especialmente em frutas.

Outros exemplos, são os mirtilos, que constituem uma nova maneira natural de garantir a segurança da carne, já que suas propriedades o capacitam para reduzir o desenvolvimento de *Salmonella*, *E.coli* e outros tipos de bactérias; e a vanilina, componente cristalino da vagem da baunilha, se apresenta como um substituto, total ou parcial, do ácido ascórbico e dos

sulfitos na conservação de alimentos. Esse composto tem demonstrado ser especialmente eficaz em frutas, como maçãs, morangos e mangas.

Os agentes antimicrobianos provenientes de fontes naturais, como o óleo de plantas, são reconhecidos e utilizados na preservação de alimentos há muitos séculos, desde os Egípcios e países Asiáticos, como a China e a Índia. Algumas especiarias, como o cravo, a canela, a mostarda, o alho, o gengibre e a hortelã, ainda hoje são utilizadas pela medicina alternativa na Índia.

Os antioxidantes

Um dos tipos mais comuns de deterioração de alimentos é a mudança indesejável da cor ou do sabor causada pelo oxigênio do ar (deterioração oxidativa). A oxidação causa alterações não apenas na cor ou no sabor, mas também diminui o valor nutricional dos alimentos e, as vezes, produz substâncias tóxicas. Visto que a maioria dos alimentos consiste, principalmente, em carboidratos, gorduras, proteínas e água, a deterioração microbiológica é um dos fatores mais importantes a ser considerado na conservação das porções de carboidratos e de proteína dos produtos alimentícios. No entanto, a oxidação, sobretudo a oxidação atmosférica, é o principal fator da degradação das gorduras e das porções gordurosas dos alimentos. A deterioração oxidativa da gordura resulta não apenas na destruição das vitaminas A, D, E,



K e C, mas também na destruição de ácidos graxos essenciais e no desenvolvimento de odor indesejado. Em casos extremos, as reações oxidativas dão origem a subprodutos tóxicos.

O método mais eficiente de impedir a degradação oxidativa é o uso de agentes antioxidantes. Para que estas substâncias seja permitida em alimentos, precisam ter baixa toxicidade; devem ser eficazes em baixas concentrações em grande variedade de gorduras; e não devem conferir sabor, odor ou cor desagradáveis ao produto.

Os antioxidantes podem ser classificados em naturais ou sintéticos.

Os antioxidantes naturais são moléculas presentes nos alimentos, em pequenas quantidades, que possuem a capacidade de interromper a formação de radicais livres. Desse modo, são capazes de reduzir a velocidade das reações de oxidação dos compostos lipídicos presentes em determinado produto.

Entre os antioxidantes naturais mais utilizados na indústria alimentícia podem ser citados tocoferóis, ácidos fenólicos e extratos de plantas como alecrim e sálvia.

Os tocoferóis, por serem um dos melhores antioxidantes naturais, são amplamente aplicados como meio para inibir a oxidação dos óleos e gorduras comestíveis, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados.

A legislação brasileira permite a adição de 300mg/kg de tocoferóis em óleos e gorduras, como aditivos intencionais, com função de antioxidante.

Os tocoferóis estão presentes de forma natural na maioria dos óleos vegetais, em alguns tipos de pescado e atualmente são fabricados por síntese. Existem quatro tipos segundo a localização dos grupos metila no anel: α , β , γ , δ . A atividade antioxidante dos tocoferóis é principalmente devida a capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos, interrompendo a propagação em cadeia.

A atividade antioxidante relativa dos tocoferóis depende de vários parâ-

metros, incluindo temperatura, composição e forma da gordura (líquida, emulsão) e concentração de tocoferóis.

O α -tocoferol pode atuar como antioxidante ou pró-oxidante, dependendo do sistema testado, da concentração, do tempo de oxidação e do método usado para acompanhar a oxidação; a concentração de tocoferol para otimizar a estabilidade oxidativa de óleo de soja é entre 400 e 600mg/kg.

Os ácidos fenólicos caracterizam-se pela presença de um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, que conferem propriedades antioxidantes. São divididos em três grupos; o primeiro é composto pelos ácidos benzóicos, que possuem sete átomos de carbono ($C_6 - C_1$). O segundo grupo é formado pelos ácidos cinâmicos, que possuem nove átomos de carbono ($C_6 - C_3$), sendo sete os mais comumente encontrados no reino vegetal. As cumarinas são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido *o*-cumárico.

Os antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais e, algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários formados pela ação destes antioxidantes são relativamente estáveis, devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias.

Os antioxidantes sintéticos mais utilizados na indústria de alimentos são o BHA, BHT, PG e TBHQ. A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de um próton a um radical livre, regenerando, assim, a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres. Dessa maneira, os derivados fenólicos transformam-se em radicais livres. Entretanto, estes radicais podem se estabilizar sem promover ou propagar reações de oxidação.

O BHA é um antioxidante mais efetivo na supressão da oxidação em gorduras animais do que em óleos

vegetais. Como a maior parte dos antioxidantes fenólicos, sua eficiência é limitada em óleos insaturados de vegetais ou sementes. Apresenta pouca estabilidade frente a elevadas temperaturas, mas é particularmente efetivo no controle de oxidação de ácidos graxos de cadeia curta, como aqueles contidos em óleo de coco e palma.

O BHT possui propriedades similares ao BHA, porém, enquanto o BHA é um sinergista para propilgalatos, o BHT não é. O BHA e o BHT podem conferir odor em alimentos quando aplicados em altas temperaturas em condição de fritura, por longo período.

O BHA e o BHT são sinergistas entre si. O BHA age como sequestrante de radicais peróxidos, enquanto o BHT age como sinergista, ou regenerador de radicais BHA.

O PG é um éster do 3,4,5 ácido triidroxibenzóico. Possui concentração ótima de atividade como antioxidante e quando usado em níveis elevados pode atuar como pró-oxidante. Seu poder para estabilizar alimentos fritos, massas assadas e biscoitos preparados com gorduras é baixo.

O TBHQ é um pó cristalino branco e brilhoso, moderadamente solúvel em óleos e gorduras e não se complexa com íons de cobre e ferro, como o galato. É considerado, em geral, mais eficaz em óleos vegetais do que o BHA ou o BHT; em relação à gordura animal, é tão efetivo quanto o BHA e mais efetivo do que o BHT ou o PG. O TBHQ é considerado também o melhor antioxidante para óleos de fritura, pois resiste ao calor e proporciona uma excelente estabilidade para os produtos acabados. O ácido cítrico e o TBHQ apresentam excelente sinergia em óleos vegetais.

O uso destes antioxidantes em alimentos é limitado, O TBHQ não é permitido no Canadá e na Comunidade Econômica Europeia. No Brasil, o uso destes antioxidantes é controlado pelo Ministério da Saúde que limita 200mg/kg para o BHA e o TBHQ, e 100mg/g para o BHT, como concentrações máximas permitidas.

EL PAPEL DE LOS ADITIVOS EN EL ÁMBITO DE LA TOXICOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

A blue silhouette map of the Americas, showing the outlines of North and South America, positioned on the right side of the page behind the main title.

Desde el inicio del desarrollo de los primeros seres humanos, la búsqueda de alimentos ha sido una de las principales actividades del hombre. Un concepto importante en la garantía de una alimentación sana es los “peligros”, que puede ser de origen biológico, químico o físico. Entre los peligros de origen biológico son los microorganismos (protozoos, hongos, bacterias y virus), las

principales causas de contaminación de los alimentos.

Las bacterias son uno de los grupos más conocidos y numerosos. Puede ser muy duro, cuando se producen cambios en las propiedades sensoriales (color, olor, sabor, textura, viscosidad, etc.) o patógenos, causantes de algunas enfermedades.

Los hongos son los principales peligros biológicos de estos alimentos. Su riesgo está en la producción de micotoxinas por algunas especies.

El mercurio, así como otros me-

tales pesados, se considera como un peligro químico.

Durante miles de años, el ensayo y el error fue el único método utilizado para detectar la presencia de sustancias tóxicas en los alimentos. La revolución que ha producido en las últimas décadas en el campo de la química y la biología molecular, que son la base de la toxicología moderna, aumentado la capacidad de detectar cantidades muy pequeñas de agentes tóxicos y comprender en detalle el mecanismo de acción de estas sustancias tóxicas.

Toxicología se define como el estudio de los efectos adversos de las sustancias químicas en los organismos vivos. En el contexto moderno, la toxicología se basa fuertemente en los campos de la química y la biología y buscar un entendimiento detallado de los efectos tóxicos y los medios para evitar o reducir la toxicidad.

La toxicología de los alimentos se centra en el análisis y los efectos tóxicos de sustancias bioactivas presentes en los alimentos. La toxicología de los alimentos es un campo distinto que evalúa los efectos de los componentes de la compleja variedad de dieta química sobre las actividades de los agentes tóxicos que pueden ser productos endógenos naturales, introducido por los organismos contaminantes o ser el resultado de la producción, el procesamiento y la preparación de los alimentos.

Un aditivo alimentario es una sustancia o mezcla de sustancias que no son parte de los componentes básicos de los alimentos y que se han añadido en cantidades controladas científicamente para mantener el aroma o para mejorar el sabor y la apariencia de los productos alimenticios, así como para protegerlos de crecimiento microbino.

Hay dos clases de aditivos alimentarios: la captura incidental y que pueden estar presentes en pequeñas cantidades en los alimentos como resultado de cualquiera de las fases de producción, procesamiento, almacenamiento y envasado; e intencional, que se añaden intencionalmente a los alimentos a fin de jugar las funciones específicas. En esta clase, son los conservantes, agentes antimicrobianos y antioxidantes, aditivos principal responsables de proteger los productos alimenticios de deterioro y el crecimiento de microorganismos.

Una de las funciones más importantes de los aditivos alimentarios es proteger los productos alimenticios



de deterioro. Los conservantes evitan el deterioro de los alimentos causada por la acción de microorganismos o por la oxidación. Algunos de los conservantes más utilizados en los productos alimenticios incluyen el ácido sórbico y sus derivados, ácido benzoico y sus sales, ácido propiónico y sus sales, dióxido de azufre y sus derivados, los nitritos y los nitratos, el ácido acético y acetato, el ácido p-hidroxibenzoico y sus ésteres (parabenos), el ácido láctico y sus sales, y la nisina y natamicina.

Los antimicrobianos son agentes químicos que inhiben el crecimiento de microorganismos. El cloruro de sodio (sal de mesa) es el más antiguo agente antimicrobiano. Los ácidos orgánicos (acético, benzoico, propiónico y sórbico) se utilizan como agentes antimicrobianos en los alimentos con bajo valor de pH. Los nitratos y nitritos se usan para inhibir el crecimiento de la bacteria *Clostridium botulinum* en los alimentos que contengan carne cruda (salchichas, jamón, tocino y embutidos). El dióxido de azufre y sulfitos se utilizan para controlar el crecimiento de microorganismos en los frutos secos, zumos y vinos. Y, la nisina y natamicina se utilizan para inhibir el crecimiento de bacterias y hongos.

Pero, cuando se trata de antibióticos, el mayor énfasis está dado las

bacteriocinas, definido como péptidos antimicrobianos que destruye o inhibe el crecimiento de otras bacterias taxonómicamente relacionadas con la cepa productora.

Uno de los tipos más comunes de deterioro de los alimentos es el cambio indeseable de color o sabor causado por el oxígeno del aire (deterioro oxidativo).

El método más eficaz de prevención es el uso de antioxidantes. Los antioxidantes pueden clasificarse como naturales o sintéticas. Entre los antioxidantes naturales más utilizados en la industria de los alimentos puede ser citado tocoferoles, ácidos fenólicos y extractos de plantas como el romero y la salvia.

Los antioxidantes sintéticos más utilizados en la industria de los alimentos son el BHA, BHT, PG y TBHQ. La estructura de estos compuestos fenólicos permite la donación de un protón a un radical libre, regenerando, por lo tanto, la molécula de acilglicerol y interrumpiendo el mecanismo de oxidación de los radicales libres.