

# OS FOSFATOS EM ALIMENTOS

*Os fosfatos tem por função aumentar a capacidade de retenção da água e proteger contra a rancidez oxidativa, sendo amplamente utilizados na indústria alimentícia nos setores de panificação, laticínios, carnes e peixes, entre outras aplicações alimentícias.*

## O FÓSFORO

O fósforo é um elemento de origem mineral que se encontra amplamente difundido pelos alimentos, sejam eles de origem animal ou de origem vegetal, existindo contudo em maior quantidade nos alimentos de origem animal. A absorção do fósforo pelo organismo é muito fácil, chegando mesmo aos 70% do que existe nos alimentos.

Tal como o cálcio, o fósforo adquire um papel muito importante na formação de ossos e de dentes, intervindo também nas reações químicas em que se liberta energia. O fósforo faz parte integrante dos ácidos nucléicos ARN e ADN.

Devido ao seu importante papel nos processos biológicos, o fósforo é um dos elementos mais dispersos na natureza. É um elemento químico não-metálico, de símbolo P e número atômico 15, incluído no grupo Va do sistema periódico, que corresponde ao dos nitrogenóides, muito inflamável e luminoso na obscuridade.

Encontra-se na natureza em combinações de fosfatos e outros sais. Como componente orgânico, encontra-se nos organismos vivos sob as formas de fosfatos de cálcio nos ossos e nos dentes (metabolismo fosfocálcico), de ésteres ortofosfóricos

(associado a ossos, a aminoácidos, a bases), de ésteres difosfóricos (adenosina difosfórica ou A.D.P, que desempenham um papel importante na reserva genética), de nucleotídeo no ácido desoxirribonucléico (ADN); faz parte da urina, do sangue e de outros humores ou líquidos corporais.

Todos os mecanismos biológicos que utilizam fósforo utilizam-no na forma de ortofosfato ou, alternativamente, como polifosfato que, por hidrólise, se transforma em ortofosfato. Exemplos destes processos são a fotossíntese, a fermentação, o metabolismo, etc. Nos seres vivos animais o fósforo é também elemento constituinte do tecido nervoso, bem como do protoplasma celular.

O fósforo apresenta dez variedades alotrópicas - manifestações diversas de composições químicas análogas - das quais as três mais importantes são o fósforo branco, o vermelho e o negro. O primeiro, fortemente tóxico, apresenta-se sob duas formas: alfa, de estrutura cristalina cúbica (embora exista uma variedade hexagonal) e estável à temperatura ambiente; e beta, de estrutura hexagonal e estável apenas a temperaturas inferiores a -78°C. De molécula tetratômica (P<sub>4</sub>), é instável, muito reativo e, em contato com o ar, se inflama espontaneamente e experimenta oxidação

lenta, que ocasiona formação de anidrido fosfórico P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> e emissão de luminosidade, fenômeno conhecido como fosforescência.

Exposto à luz, o fósforo branco passa à forma vermelha, com estrutura em camadas alternadas entre as quais se dispõem outras moléculas P<sub>4</sub> do estado branco. O fósforo vermelho não é venenoso nem fosforescente e apresenta uma reatividade muito inferior. Nesse estado alotrópico é utilizado para sua aplicação mais comum: a fabricação de palitos de fósforo. Mais raro do que as variedades anteriores, o fósforo negro é o mais estável do ponto de vista termodinâmico. Sua estrutura consiste em camadas em zig-zague de átomos de fósforo.

O fósforo não se encontra livre na natureza em nenhuma de suas variedades, mas em combinações, como o fosfato, constitui 0,12% da composição da crosta terrestre e, em ordem quantitativa, é o duodécimo elemento químico na Terra.

O fósforo encontra-se em perto de 190 minerais distintos, mas apenas a série da apatita tem um papel importante como fonte de fósforo. As matérias-primas a partir das quais se extrai o fósforo são fundamentalmente os fosfatos de metais alcalino-terrosos encontrados em

depósitos de rochas de fosfato, como a cloroapatita (3Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · CaCl<sub>2</sub>), a fluorapatita (3Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · CaF<sub>2</sub>) ou a vivianita, Fe<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 8H<sub>2</sub>O.

Apesar de o fósforo estar presente nos tecidos ósseos e nos dentes como hidroxiapatita (3Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · Ca(OH)<sub>2</sub>), os grandes depósitos de fosfatos na natureza são compostos principalmente por fluorapatite. Os depósitos de rochas ricas em fosfatos em todo o mundo estimam-se em 50 mil milhões de toneladas. Destas, cerca de 2/3 encontra-se no Norte da África, especialmente no Marrocos, e o restante é distribuído pelos territórios dos Estados Unidos, da antiga União Soviética, da China e da África do Sul. O único depósi-

to comercialmente explorável da Europa Ocidental está na Finlândia. As reservas exploráveis conhecidas de rochas fosfáticas são estimadas em cerca de 40 bilhões de toneladas. Considerando um consumo mundial anual de cerca de 150 milhões de toneladas, as reservas deverão ainda durar mais de 250 anos.

Quanto a seu papel biológico, o fósforo encontra-se nos organismos vivos em combinação oxigenada, geralmente como anidrido P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, como suporte de reações metabólicas. A presença desse elemento em níveis adequados é especialmente importante nos ossos, em que atua como suporte dos compostos de cálcio.

Especial interesse apresentam as fosfatases, enzimas contidas na maior parte das secreções e células do organismo humano, que intervêm em processos fisiológicos das mais diversas índoles, como a precipitação de fosfato de cálcio no tecido ósseo, a síntese de proteínas nos tecidos e a absorção de fosfatos no intestino.

Para a bioquímica, o fósforo também constitui elemento básico, já que faz parte da composição do ATP, trifosfato de adenosina, e do ADP, difosfato de adenosina, nucleotídeos presentes nos tecidos, que desempenham função essencial tanto no metabolismo molecular como na regulação entre absorção e liberação energéticas.

## OS FOSFATOS NOS ALIMENTOS

Os compostos de fosfato são constituintes naturais de quase todos os alimentos, sendo impossível o consumo de qualquer tipo de alimento sem que esses compostos estejam presentes.

Os fosfatos têm por função aumentar a capacidade de retenção da água e proteger contra a rancidez oxidativa, o que se traduz por melhoria na qualidade do produto final, garantindo uma sensível melhora no sabor. Possuem, ainda, capacidade de sequestrar íons de metais polivalentes, como o Fe+3, importante catalisador das reações de rancidez, e íons cálcio, presentes nas ligações

corpo-casca do camarão, facilitando as operações de descasque pelo enfraquecimento de tais ligações.

Na fabricação de carnes curadas, os fosfatos e polifosfatos têm por finalidade básica contribuir para manter a estabilidade desses alimentos. Atribui-se também aos fosfatos ações coagulantes e gelatinizantes sobre as proteínas e dispersantes sobre as gorduras, além de seu efeito sequestrante ao reagirem com os metais polivalentes, inativando-os e, com isto, impedindo-os de participar da oxidação das gorduras, que causa rancificação, e também como nutrientes no me-





tabolismo microbiano.

Estudos realizados com crustáceos, peixes e aves têm demonstrado que os polifosfatos e alguns sais inorgânicos aumentam a hidratação da carne, com conseqüente melhora na textura desta.

Os fosfatos permitidos para uso em carnes incluem: fosfato monossódico, fosfato monopotássico, fosfato dissódico, fosfato dipotássico, pirofosfato ácido de sódio, pirofosfato tetrassódico, pirofosfato tetrapotássico, hexametáfosfato de sódio e suas misturas.

Os fosfatos alimentícios são utilizados como emulsificantes, *buffers*, estabilizadores de gorduras/proteínas, suplementos minerais, agentes de dispersão, acidulantes (agentes de acidificação), inibidores de descoloração, agentes sequestrantes, etc. Ademais, os fosfatos reduzem a resistência térmica de vários organismos, aumentando assim o *shelf life* dos produtos. Na realidade, os fosfatos alimentícios são tão interessantes para os consumidores quanto são para os processadores de alimentos, porque propiciam produtos com melhor aspecto e gosto. A FDA considera quase todos os fosfatos alimentícios como GRAS (*Generally Recognized As Safe*). Aliás,



sua inocuidade com relação à saúde humana é confirmada não somente pelo fato de serem usados em todos os países do mundo, como também por terem sido incluídos nas formulações de alimentos infantis e *health foods*.

As quatro grandes funções dos fosfatos em alimentos são controle do pH, o qual pode ser obtido pela seleção *ad hoc* de um ou mais compostos fosfáticos, desde o mais ácido ao mais alcalino (i.e. pH 2 a 10); agentes complexantes de íons metálicos, pelo uso de compostos complexos como pirofosfatos, tripolifosfatos e haxametáfosfatos. Como complexantes, removem traços de ferro em alimentos, o que pode reduzir sensivelmente a tendência de certos produtos a descolorar e tornarem-se rançosos com o tempo; agentes de dispersão/suspensão, também pelo uso de compostos fosfáticos mais complexos, dando assim uma melhor dispersão em certas preparações ali-

mentícias; e reações mais específicas com as estruturas de certas proteínas naturais, resultando em uma forma de *cross-linking* (ligações cruzadas) ou estabilização, ajudando certos produtos à base de carnes, peixes ou aves a preservar uma aparência de fresco, seja no armazenamento ou congelamento.

## APLICAÇÕES ESPECÍFICAS

Os fosfatos alimentícios são de fundamental importância para o processamento de determinados produtos. As maiores aplicações estão no setor de panificação, no processamento de carnes, aves e frutos do mar, e na produção de laticínios.

### Panificação

A indústria de pães e massas usa basicamente quatro tipos de fosfatos, o MCP (Fosfato Monocálcico Monohidratado), o SAPP (Pirofosfato de Sódio), o SALP (Fosfato de Sódio e Alumínio) e o DCPD (Fosfato Dicálcico Dihidratado).

O MCP reage rapidamente com a soda, por isso é ideal para fermentos em pó de dupla ação e outros produtos que requeiram dupla ação, como misturas prontas para bolos e panquecas; é utilizado também em

farinhas fosfatadas.

O SAPP é um fosfato levedante para todos os propósitos. Sua produção de gás é especialmente recomendada para fermentos comerciais ou institucionais, utilizados para produção de bateladas de massa, onde um tempo maior de mistura e forma é necessário. Pode-se obter uma baixa taxa de reação através de um processo especial. O SAPP tem numerosas aplicações, tais como misturas prontas, farinhas aditivadas, massas prontas congeladas, fermentos em pó comerciais e outros.

O SALP oferece consistência na taxa de reação e produção de gás das massas, durante sua estocagem e uso. Também proporciona uma massa de consistência adequada, proporcionando aumento da brancura e da elasticidade. É utilizado em misturas com outros fosfatos, produzindo fermentos para massas de diferentes texturas, como misturas prontas para panquecas, waffles, pizzas, etc.

Finalmente, o DCPD é utilizado em produtos nos quais se utilizam altas temperaturas, como em bolos com alto teor de açúcar. Começa a reagir com a soda quando a massa alcança uma temperatura de aproximadamente 60°C.

Os fosfatos alimentícios têm diversas aplicações em massas nas quais atuam como acidulantes levedantes, melhoradores de massa, suplementação de minerais e manutenção do pH. Assim, satisfazem tanto as necessidades do uso caseiro quanto as do uso industrial.

Além de serem os mais usados comumente como acidulantes em fórmulas de fermentos químicos, também têm uma participação importante na produção de pães. Contribuem diretamente para a produção de pães como melhoradores de massa e como nutrientes para a levedura e, também, indiretamente, como acidificantes na produção de levedo.

Em fermentos, os fosfatos funcionam como ácidos levedantes, que reagem com o bicarbonato de sódio,

para liberar gás carbônico. O total de gás liberado e a taxa de produção desse gás determinam as características principais de um fermento.

Os níveis exatos de fosfatos necessários para se obter um sistema fermentador balanceado podem ser calculados pelo uso do Valor de Neutralização (VN), definido como o número de partes de soda neutralizados por 100 partes do fosfato ácido utilizado.

Outras grandes aplicações na indústria de pães e massas incluem:

- Resfriamento ou congelamento: necessita de fosfatos para ajustar o pH e estabilizar a massa.

- Melhoradores de massa: frequentemente incluem MCP para otimizar o



pH da massa e para fornecer cálcio em produtos com levedura. Um tipo de melhorador de massa pode empregar altos níveis de DCPD. O fosfato monoamônico pode controlar o pH e servir como fonte de nitrogênio para a levedura.

- Produção de levedura: algumas vezes utiliza-se ácido fosfórico para ajustar o pH do meio de crescimento. Outras vezes, fosfato diamônico, fosfato monoamônico, fosfato monopotássico e fosfato dipotássico são usados para prover nutrientes para as leveduras.

- Cereais matinais e macarrão: têm tempo de cozimento menor e uma coloração melhorada com adição de DSP. O uso de DSP também diminui o tempo de processamento de cereais prontos.

- Amidos: modificados pela adi-

ção de fosfatos, exibem muitas propriedades desejáveis, que incluem resistência ao congelamento/descongelamento, brancura, alta capacidade de reter água e alta viscosidade sem formação de gel.

### Processamento de carnes, aves e frutos do mar

No processamento de carnes, frangos, peixes e frutos do mar usam-se, basicamente, quatro grandes tipos de fosfatos: o STP (Tripolifosfato de Sódio), o SKTP (Tripolifosfato de Sódio e Potássio), o TSPP (Pirofosfato Tetrassódico) e o SAPP (Pirofosfato Ácido de Sódio).

O STP é um fosfato multifuncional para todas as aplicações, ou seja, car-

nes, frangos, peixes e frutos do mar. Seu uso é mais econômico e desempenha a maioria das funções de outras misturas mais caras. É apropriado para o uso em salmouras (presuntos, filés de frango e peixe), em soluções (marinados, peixes e descascamento), para adição a seco (salsichas, mortadelas, etc.) e para massageamento no *tumbler*.

O SKTP é um polifosfato de teor de sódio reduzido, combinando os benefícios da funcionalidade dos fosfatos com a alta solubilidade e facilidade de uso. O uso de SKTP não resulta insipidez, usualmente associada ao potássio.

O TSPP é um fosfato alcalino utilizado quando se necessita de máxima solubilização de proteínas. No entanto, o uso de TSPP é limitado por sua baixa solubilidade. Por isso, é utilizado em combinação com outros fosfatos mais solúveis ou em aplicações a seco.

O SAPP é um fosfato ácido frequentemente utilizado como ingrediente seco para estabilizar emulsões. Favorece o desenvolvimento de cor e



Outras funções dos polifosfatos incluem ajuste de pH e tamponamento do meio; quelatação de cátions multivalentes, inibindo a rancificação oxidativa; estabilização da cor em produtos curados; estabilização da emulsão e/ou redução da viscosidade; e emulsificação da gordura com a proteína.

Em produtos curados de carne e frango, a incorporação de fosfatos confere muitos benefícios ao bacon, presunto, carne enlatada tipo fiambre e produtos curados de frango. Diminuindo a perda de mistura durante o processamento, os fosfatos aumentam o rendimento e proporcionam produtos de maior suculência. Mantendo

melhora o sabor e a textura em salsichas e outros produtos emulsificados.

Os polifosfatos são usados há muitos anos, em produtos de carne, frangos, peixes e frutos do mar, para prevenir a perda de mistura durante o seu processamento. Em geral, os processadores utilizam polifosfatos, como o STP (Tripolifosfatos de Sódio) e o TSPP (Pirofosfato Tetrassódico), isolados ou em misturas com SHMP (Hexametáfosfato de Sódio). Os polifosfatos alcalinos, como o STP e o TSPP, aumentam o pH local e a força iônica ao redor da proteína. São estas mudanças que permitirão à proteína desenrolar-se, expondo as áreas que aumentam sua capacidade de absorção de água. Durante o cozimento ou descongelamento, as proteínas vão perder significativamente menores quantidades de mistura. O aumento da capacidade de

absorção de água resulta em redução da perda de umidade durante o cozimento; melhora no rendimento após o cozimento; redução da perda de umidade durante o descongelamento; melhoria na maciez e textura; melhor retenção de sabor e aroma, devido a menor perda de sucos e sabores originais durante o processamento; redução nas queimaduras de congelamento; e melhora na liga entre peças de músculos.



alto o nível da mistura e dissolvendo parcialmente as fibras de proteína obtêm-se produtos mais macios. Pelo sequestro de íons de metal, especialmente de ferro, os fosfatos inibem o desenvolvimento de rancidez durante a estocagem. Também aumentam a vida útil de prateleira do produto final, estabilizando a cor vermelha de produtos curados.

Em produtos processados de carne e de frango, a mistura de STP e SAPP na carne, durante o processamento no *cutter*, acelera o desenvolvimento da cor avermelhada em salsichas, mortadelas e produtos emulsionados em geral.

Estes ingredientes têm o potencial de aumentar a produtividade, elevando a temperatura da câmara de defumação, aumentando sua capacidade. A adição de fosfatos faz, também, com que a emulsão seja mais resistente a uma variação brusca de pH e posterior quebra da emulsão. Adicionando STP, SHMP ou TSPP, puros ou combinados, aumenta-se a estabilidade da emulsão e reduz-se a eliminação de gordura quando o produto é preparado para o consumo.

Em produtos congelados, carnes,

frangos, peixes e outros frutos do mar são beneficiados pelo tratamento com soluções de fosfatos antes do congelamento. Os fosfatos diminuem a perda de sucos contendo proteínas durante o descongelamento e reduzem a retração da carne durante o cozimento. O resultado é um produto mais suculento, mais macio e com melhor sabor.

Nos camarões, os fosfatos podem auxiliar o processador de frutos do mar, fazendo com que a casca dos mesmos possa ser mais facilmente removida, aumentando o rendimento final da operação de descascamento. No processo inicial, com a adição de STP ou de uma mistura de STP e SHMP à água fervendo, as cascas poderão ser removidas com jatos d'água de alta pressão.

Nos peixes enlatados, a adição de SAPP ao atum e na sardinha, durante o processo de enlatamento, diminui e evita a formação de cristais de estruvite.

Nos produtos reestruturados ou reconstituídos, ou seja, na produção de congelados, como filés, camarões moldados, partes de frango, bolos de carne, assados fatiados, fiambres de frango ou peru e postas de peixe, os fosfatos solubilizam as proteínas que ligam as peças e ajudam na retenção da mistura.

A regulamentação do Ministério da Saúde permite uma adição de fosfatos de até 0,5 % do peso de produto acabado.

### Produção de laticínios

Existe uma variedade enorme de aplicações de fosfatos na indústria de laticínios. A funcionalidade dos fosfatos nos laticínios envolve interações entre os fosfatos e as proteínas do leite e entre os fosfatos e o cálcio. Nos laticínios, os fosfatos podem manter os produtos com a variação de pH necessária; estabilizar proteínas no leite, evitando a coagulação por aquecimento; dispersar proteínas e aromatizantes no leite em pó reconstituído; coagular as proteínas para

aumentar a gelatinificação; acidificar os produtos; e interagir com as proteínas para promover a emulsificação.

Os fosfatos são utilizados em queijos processados primordialmente para ajudar a manter a emulsão da gordura da manteiga na matriz de proteína/água. Conseqüentemente, o produto é uniforme no sabor e a gordura não se separa do queijo, quando derretido. Além de estabilizar a emulsão proteína/água/gordura, os fosfatos também controlam o pH e dão ao produto a apropriada firmeza e fusão característica.



Os fosfatos são utilizados com a mesma finalidade em produtos recheados com queijo, produtos que imitam queijo e requeijão cremoso pasteurizado. A regulamentação do Ministério da Saúde permite uma adição de fosfatos de até 3 % do peso final do produto acabado na maioria das aplicações em laticínios.

Embora o nível mais econômico de uso de fosfatos em queijos processados seja de 3%, poucos fosfatos podem ser utilizados nesse nível sem comprometer o produto final. Alguns fabricantes desenvolveram misturas para serem utilizadas no nível máximo. Estes fosfatos, especialmente desenvolvidos, permitem obter a combinação do processamento desejável e as propriedades finais do produto,

como viscosidade, cremosidade, corpo e dureza.

Os fosfatos também podem ser utilizados na produção de queijo natural. Bacteriófagos, tipicamente, necessitam de cálcio para multiplicarem-se nas culturas iniciadoras. Pela precipitação do cálcio pelo DSP, estas culturas podem ser protegidas da multiplicação desses bacteriófagos. Fosfatos de amônio e de potássio são utilizados para suprir nutrientes para o meio de cultura inicial.

Durante a manufatura do queijo, o leite pode ser acidulado diretamente

pela adição de fosfato monocalcico (MCP) ou ácido fosfórico para diminuir o tempo de processamento e aumentar os níveis de cálcio no queijo, especialmente na ricota. O uso de TSPP também diminui o tempo de processamento. Adiciona-se o coelho e o ácido fosfórico à cultura, para produzir uma massa que pode ser moldada e permite iniciar o processo de cura imediatamente.

Em leite em pó e derivados, adicionando-se DSP em leite magro antes de desidratá-lo, obtém-se leite em pó desnatado que se dissolve mais facilmente na água. O fosfato mantém as proteínas do leite dispersas, protegendo-as da coagulação pelo calor durante a secagem pelo processo *spray dry*.

O TSPP em pó ajuda a dispersar e manter em suspensão o chocolate em pó ou o leite maltado, minimizando a sedimentação. Além disso, incorporando TSPP a um nível apropriado, ocorre a formação de uma camada fina de gel ao redor das proteínas do leite. Este gel enriquece tanto seu sabor como sua cor, também contribuindo para a “sensação de encorpado” no final da bebida.

O uso em pudins instantâneos e misturas para cheesecake depende da reação entre o TSPP e o cálcio da proteína do leite, o qual induz a gelatinização. A adição de DSP pode acelerar o preparo do pudim, dependendo da quantidade de cálcio contido nas proteínas. Algumas vezes o cálcio é adicionado na forma de fosfato monocálcico (MCP), para endurecer o gel.

Para prevenir a coagulação por calor no leite condensado, leite evaporado e creme de leite, utiliza-se DSP para estabilizar a caseína do leite. Leite pasteurizado, creme de leite e leite longa vida têm tempo de estocagem maior quando estabilizados com DSP e SHMP, que previne a formação de gel durante a estocagem. A manteiga produzida pela acidificação direta do leite com ácido fosfórico tem seu tempo de processamento reduzido e maior tempo de prateleira. A adição de TSPP antes da acidificação age como dispersante para os coágulos que se formam num meio ácido, além de melhorar o sabor, a viscosidade, a consistência, a estabilidade do soro e a aparência da manteiga.

Para manter a dispersão da gordura no sorvete pode-se adicionar DSP, TSPP ou SHMP, evitando, assim, a formação de bolas de manteiga durante o congelamento.

Em sorvetes à base de chocolate, os fosfatos também ajudam a manter estável a suspensão de chocolate. A mesma função é exercida em sobremesas geladas. O DSP também é utilizado em sopas de queijo, que são submetidas a altas temperaturas para esterilização, funcionando como estabilizante para prevenir a floculação

das proteínas e manter a cremosidade e sabor do produto. A adição de STP em *sour cream* e *chip dips* controla a sinérese. O STP interage com as proteínas para promover distensão entre as moléculas.

Cremes batidos de várias composições têm aumento da estabilidade da espuma com a adição de TSPP. Pela estabilização de filmes de proteína, o SHMP inibe a exsudação em coberturas à base de leite, enquanto o DSP funciona, da mesma maneira, em produtos baseados em outras fontes de proteínas, como as de soja. Em creme para café, um sistema de fosfatos para controlar o pH consistindo de DSP, DKP, SAPP e/ou STP contribui para a estabilidade da camada de proteína em volta das gotículas de gordura prevenindo, então, a sinérese. Este sistema também previne a separação da gordura, quando o creme é adicionado ao meio fortemente acidificado do café. O TSPP também tem sido utilizado como agente estabilizante para ajudar a dispersar as proteínas de soja.

## OUTRAS APLICAÇÕES ALIMENTÍCIAS

Os fosfatos de cálcio são amplamente utilizados como suplemento nutricional ou fortificante, pois são uma fonte de qualidade de cálcio e fósforo. Para alimentos infantis os fosfatos de cálcio provêm tanto o cálcio quanto o fósforo, nutrientes essenciais para o crescimento apropriado e para o desenvolvimento dos ossos. As finas partículas de DCP e TCP os tornam especialmente utilizados em alimentos infantis. O DCP e o TCP também podem ser utilizados como excipientes para aplicações de tabletes de vitaminas e de drogas.

O ácido fosfórico é utilizado como acidulante para bebidas à base de cola ou de raízes. Usualmente, os refrigerantes à base de cola contêm aproximadamente 0,05% de ácido fosfórico e têm pH de 2,3. A cerveja à base de raízes (*rootbeer*) tem pH de 5,0 e contém 0,01% de ácido fosfórico.

Na relação custo versus benefício, o ácido fosfórico é mais interessante do que outros ácidos orgânicos. Outras vantagens do uso de ácido fosfórico são o sabor efervescente e adstringente melhora o forte sabor da cola e das raízes; o seu pH baixo melhora o sabor e a estabilidade na estocagem; e o sequestro de íons de metal indesejáveis ajuda a estabilizar o grau de carbonato desejado.

O fosfato monocálcico monohidratado (MCP) pode ser utilizado na formulação de bebidas em pó oferecendo como benefícios, o controle de pH barato contra azedume nas bebidas; acidulante não-higroscópico que substitui até 50% de ácido cítrico; e cálcio e fósforo contribuem para o perfil nutricional dos produtos.

Por sua vez, o fosfato tricálcico (TCP) é também usualmente utilizado em formulações de sucos em pó, onde contribui com uma série de propriedades úteis, como material dispersante para produtos em base seca; agente nebulizador em bebidas reconstituídas; e cálcio e fósforo, que contribuem para o perfil nutricional dos produtos.

O fosfato monossódico (MSP) e o fosfato monopotássico (MKP) são utilizados em bebidas isotônicas. Eles são adicionados para reconstituir o sódio e o potássio que foram perdidos na atividade física. Em bebidas fortificantes, a propriedade complexante dos polifosfatos dá proteção à vitamina C, que é rapidamente oxidada na presença de alguns íons metálicos.

Finalmente, o fosfato monoamônico e diamônico são utilizados na indústria de vinhos, na produção de vinhos espumantes.

O pirofosfato ácido de sódio (SAPP) e o pirofosfato tetrassódico (TSPP) são utilizados em muitas aplicações em batatas processadas, oferecendo proteção contra o escurecimento após cozimento em batatas fritas e batatas congeladas. Este fenômeno, induzido pelo ferro, é eliminado pela habilidade complexante do SAPP e do TSPP. Oferece também proteção

da cor de batatas doces pela adição de SAPP, TSPP ou SAPP com STP. Os fosfatos são usados ainda na produção de purê de batatas desidratado, onde SAPP e TSPP são adicionados durante a mistura, antes da secagem.

Os fosfatos de cálcio, como o MCP, são utilizados para aumentar a firmeza em frutas enlatadas, aumentando o pectinato de cálcio. Outras aplicações em frutas incluem o uso de ácido fosfórico para acidular e otimizar a firmeza do gel em geleias e recheios de pães e bolos, de polifosfatos para retardar mudanças de cor em compotas de frutas vermelhas e de hexametáfosfato (SHMP) para aumentar a vida útil de cidra de maçã e outros sucos.

Em vegetais, o tripolifosfato de sódio (STP), o hexametáfosfato de sódio (SHMP) ou o pirofosfato tetrasódico (TSPP) são utilizados em ervilhas ou feijões enlatados ou congelados para aumentar a maciez. Estes fosfatos, incluídos na água de lavagem, evitam o endurecimento da casca devido à absorção de cálcio e magnésio da água.

Os fosfatos também têm uma variedade muito grande de funções em ovos processados. O STP e o SHMP inibem o desenvolvimento de rancidez nos lipídios das gemas; o MSP e o MKP preservam a coloração da gema durante a estocagem sob resfriamento ou congelamento; o STP ou o SHMP evitam a coagulação de ovos desidratados durante o aquecimento intensivo do período de desidratação; e o STP ou o SHMP aumentam a eficiência na produção e a estabilidade da espuma em produtos à base de ovos desidratados. Isto aumenta a funcionalidade dos ovos desidratados

em bolos e merengues.

Em gorduras e óleos, o ácido fosfórico age com outros aditivos para prevenir a rancidez por oxidação em margarinas de óleos vegetais; o TCP, adicionado à gordura de porco e filtrado, remove cor e absorve o ferro que promove a rancidez; o ácido fosfórico pode ser utilizado no processo de dissolução da goma para a purificação da soja e outros óleos vegetais. Também controla o pH e complexa



traços de íons metálicos como os de ferro, níquel ou cobre, que catalisam o desenvolvimento de rancidez.

Em sobremesas gelatinizadas, o MSP e o DSP servem como agentes tamponantes em sobremesas com gelatinas. Eles controlam a capacidade de absorção de água que é dependente do pH.

Em amendoim, o STP e o SHMP são utilizados para salgar amendoim na casca, fazendo com que a salmoura penetre mais facilmente através da casca.

Em géis e gomas, a dureza de géis de alginato, agar, carragena e outras gomas é modificada pela presença de fosfatos como STP, TSPP, DSP,

DKP, DCP e SHMP. Os polifosfatos podem, também, retardar a sinérese nesses géis.

No processamento de açúcar, o ácido fosfórico ajuda no processo de clarificação. As impurezas são removidas tratando o líquido de açúcar aquecido com ácido fosfórico e cal em um grande tanque raso na presença de ar, introduzido pelo fundo do tanque. O precipitado de fosfato de cálcio e outras impurezas insolúveis separam-se do líquido, sendo carregados para a superfície para formar uma espuma que é separada automaticamente. Essa espuma é filtrada para recuperar o açúcar contido, mas o licor original não é mais filtrado. Este processo é superior ao velho processo (de somente adicionar cal ao líquido) com respeito à remoção de cor e outras impurezas solúveis.

Em molhos para salada, o ácido fosfórico é empregado em pequenas quantidades para dar o sabor ácido. É também utilizado para diminuir a atividade biológica, prevenindo a degradação desses molhos.

O ácido fosfórico é utilizado na indústria de geleias e gelatinas, especialmente no preparo de geleias firmes e que não perdem água, como as utilizadas para recheio de bolos e pães. O ácido é adicionado nos estágios finais de preparo para minimizar a hidrólise de pectina.

O ácido fosfórico, juntamente com o ácido cítrico e o ácido tartárico, é utilizado como agente tampão para controlar a acidez, dando a firmeza de gel de pectina e, ao mesmo tempo, para complexar cátions, como o ferro, que dá uma cor opaca para as gelatinas.

# FOSFATOS ALIMENTÍCIOS

## INTRODUÇÃO

O uso de aditivos na indústria alimentícia é dentre as tecnologias usualmente empregadas a mais discutida, destacando a segurança do uso dessas substâncias. A legislação brasileira considera aditivo a substância intencionalmente adicionada ao alimento com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, desde que não prejudique seu valor nutritivo.

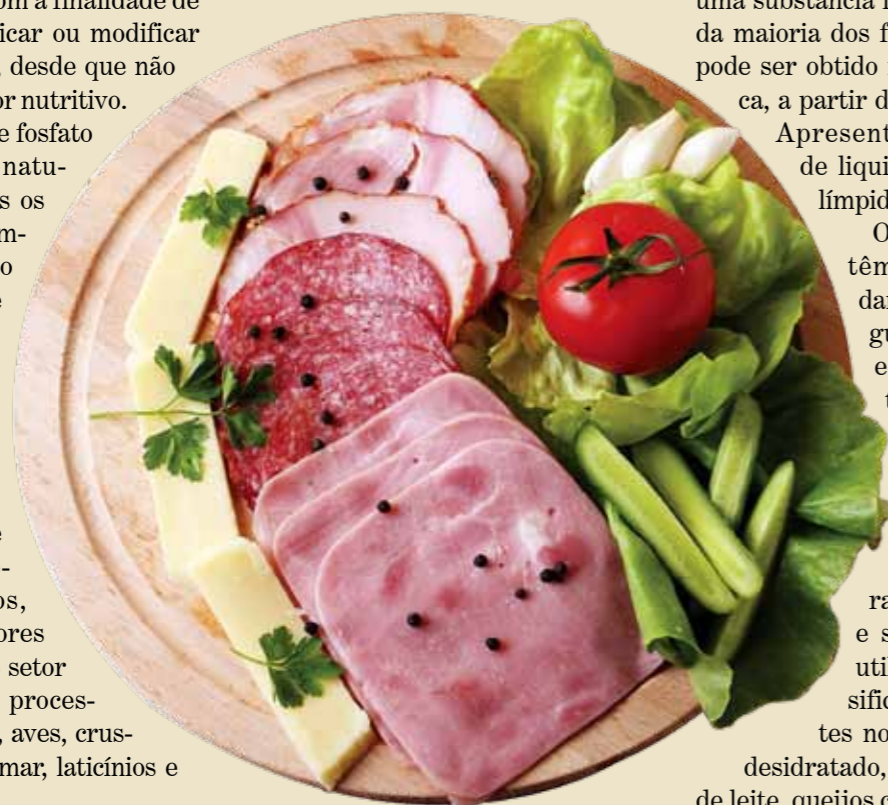
Os compostos de fosfato são constituintes naturais de quase todos os alimentos, sendo impossível o consumo de qualquer tipo de alimento sem que esses compostos estejam presentes.

A adição deste aditivo é de extrema importância no processamento de determinados produtos alimentícios, sendo que as maiores aplicações estão no setor de panificação, no processamento de carnes, aves, crustáceos e frutos do mar, laticínios e bebidas.

## FOSFATOS ALIMENTÍCIOS

Os fosfatos alimentícios são utilizados, dentre várias funções, como emulsificantes, estabilizantes, suplementos minerais, agentes de dispersão, acidulantes, inibidores de descoloração, agentes sequestrantes, etc. Ademais, os fosfatos reduzem a resistência térmica de vários organismos, aumentando o *shelf life* dos produtos.

O FDA considera quase todos os fosfatos como GRAS (*Generally Recognized as Safe*). Sua inocuidade com relação à saúde humana é confirmada não somente pelo fato de serem usados em todos os países do mundo, mas também por terem sido incluídos nas formulações de alimentos infantis e *Health Foods*.



confeitaria e de padaria fina, açúcar em pó, farinha, ovos líquidos, molhos, sopas e caldos, bebidas alcoólicas, pastas de peixes e crustáceos, files de peixes congelados, frutos do mar congelados, produtos cárneos, batatas processadas, alimentos desidratados, alguns tipos de massas, bebidas energéticas, entre outros produtos. É uma substância inorgânica presente da maioria dos frutos, que também pode ser obtido na indústria química, a partir de rochas fosfóricas. Apresenta-se sob a forma de líquido viscoso, incolor, límpido e inodoro.

Os fosfatos de cálcio têm funções antioxidantes, sinérgicas e reguladoras de acidez, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, agentes de volume, agentes de endurecimento, levedantes químicos, antiaglomerantes, sequestrantes e sais de fusão. São utilizadas como emulsificantes e estabilizantes no leite parcialmente desidratado, leite em pó, creme de leite, queijos curados; como regulador de acidez em diversas sobremesas; como sais de fusão em queijos; entre muitas outras aplicações.

Os fosfatos de potássio, fosfatos de cálcio e os fosfatos de magnésio têm funções tecnológicas semelhantes entre si e similares aos de sódio, sendo utilizados como antioxidantes, sinérgicos e reguladores de acidez, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, agentes de volume, agentes de

endurecimento, levedantes químicos, antiaglomerantes e sequestrantes. Podem ser utilizados nas mesmas matrizes alimentícias que as de sódio. Algumas aplicações são: bebidas e suplementos energéticos, suplementos dietéticos e bebidas à base de proteínas vegetais, bebidas em pó, gelados e sobremesas, dentre outras aplicações.

A utilização dos fosfatos é fundamental em produtos cárneos, pois estes aditivos interagem com as proteínas, diminuindo a taxa de desidratação e aumentando a umidade dos produtos. Este efeito utiliza-se especialmente na produção de embutidos e outros produtos cárneos. A sua utilização está limitada, não por questão de saúde, mas para evitar a incorporação excessiva de água, defraudando assim o consumidor. Por esta razão está proibida a utilização desses produtos em carnes frescas. Um dos fosfatos mais utilizados e o Tripolifosfato de sódio, um fosfato alcalino utilizado quando se necessita de máxima solubilização de proteínas, mas seu uso é limitado por sua baixa solubilidade. Por isso, é utilizado em combinação com outros fosfatos mais solúveis ou em aplicação a seco.

Nos leites UHT, condensados e em pó os fosfatos são utilizados para evitar a gelificação; são utilizados como sais de fusão em queijos fundidos, para que a gordura se separe dos outros compostos durante o processo.

Já na panificação, os fosfatos são utilizados para melhorar as propriedades da massa, favorecer a produção de gás é quando trabalhado junto com o Bicarbonato e é especialmente recomendados para fermentos químicos, onde é necessário um tempo maior de mistura e forma. A escolha do fosfato depende da velocidade de liberação de gás pretendida.

O fosfato ácido de alumínio e sódio tem sua utilização muito mais limitada, sendo usado como emulsificante, regulador de acidez e levedante químico em bolos e outros produtos de panificação similares.

A seguir tabela com os principais fosfatos.

PRINCIPAIS FOSFATOS ALIMENTÍCIOS		
Nomes e siglas		
Acido Fosfórico		E338
Fosfatos de amônio		
MAP	Fosfato monoamônico	E342(i)
DAP	Fosfato diamônico	E342 (ii)
Fosfatos de alumínio e sódio		
SALP	Fosfato de alumínio e sódio	E541
Fosfatos de cálcio		
MCP	Fosfato monocálcico	E341 (i)
DCP	Fosfato dicálcico	E341 (ii)
TCP	Fosfato tricálcico	E341 (iii)
Fosfatos de potássio		
MKP	Fosfato monopotássico	E340 (i)
DKP	Fosfato dipotássico	E340 (ii)
TKP	Fosfato tripotássico	E340 (iii)
KTPP	Tripolifosfato de potássio	E352 (ii)
Fosfatos de sódio		
MSP	Fosfato monossódico	E339 (i)
DSP	Fosfato dissódico	E339 (ii)
TSP	Fosfato trissódico	E339 (iii)
SAPP	Pirofosfato ácido de sódio	E450
SHMP	Hexametáfosfato de sódio	E452 (i)
STPP	Tripolifosfato de sódio	E352 (i)
TSPP	Pirofosfato tetrassódico	E450 (iii)

## PRINCIPAIS FUNÇÕES DOS FOSFATOS EM ALIMENTOS

Os fosfatos têm várias funções na indústria de alimentos. Abaixo vamos apresentar as principais funções:

- **Controle de pH:** pode ser obtido pela seleção ad hoc de um ou mais compostos fosfáticos indo do mais ácido ao mais alcalino (pH 2-10). É muito comum encontrar na literatura, referências sobre os efeitos do pH na capacidade de retenção e água, sendo muito baixa no ponto isoelétrico das proteínas. Com a adição de compostos alcalinos (Cloreto de sódio, polifosfatos ou ambos), verifica-se um aumento da capacidade de retenção de água, da hidratação do músculo e uma menor exsudação durante o descongelamento.
- **Agentes complexantes de íons metálicos:** pelo uso de compostos complexos como pirofosfatos, tripolifosfatos e hexametáfosfatos. Como complexantes, removem traços de ferro nos alimentos, o que pode reduzir sensivelmente a tendência de certo produtos a descolorar e

tornarem-se rançosos com o tempo.

- **Agentes de dispersão/ suspensão:** apresenta melhor dispersão em certas preparações alimentícias.
- **Estabilidade:** ajuda a preservar a aparência de produtos frescos (no caso de carnes, peixes ou aves), seja no armazenamento ou congelamento.

## PRINCIPAIS APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

### Fosfatos na indústria de panificação

Na panificação, basicamente são utilizados os seguintes tipos de fosfatos: Fosfato monocálcico (MCP), Pirofosfato ácido de sódio (SAPP) e o Fosfato de alumínio e sódio (SALP).

Na indústria de massas, os fosfatos atuam como acidulantes levedantes, melhoradores de massa, suplementação de minerais e manutenção do pH. Assim, satisfazem tanto as necessidades do uso caseiro quanto ao do uso industrial.

Em fermentos, os fosfatos funcionais como ácidos levedantes que reagem com o bicarbonato de sódio para a liberação de gás carbônico. O total de gás liberado e a taxa de produção desse gás determinam as características principais de um fermento. Os níveis exatos de fosfatos necessários para se obter um sistema fermentador balanceado podem ser calculados pelo Valor de Neutralização (VN).

**Produtos congelados e resfriados:** os fosfatos ajudam a ajustar o pH e estabilidade da massa.

**Melhoradores de massa:** frequentemente incluem o MCP para otimizar o pH da massa e para fornecer cálcio em produtos com levedura.

### Fosfatos na indústria de carnes/frango/peixes

O principal objetivo do emprego dos polifosfatos nas indústrias de produtos cárneos é manter inalterado o conteúdo de água natural do músculo durante a estocagem e, algumas vezes, reduzir as perdas por exsudação, prevenir perda de mistura

durante o seu processamento, ajuste do pH, tamponamento do meio, estabilização da cor em produtos curados, estabilização de emulsões, redução de viscosidade, etc.

Os principais fosfatos permitidos para o uso nesse segmento são: Pirofosfato ácido de sódio (SAPP), Pirofosfato tetrassódico (TSPP) e tetrapotássico, Tripolifosfato de sódio (STPP) e o Hexametáfosfato de sódio (SHMP) e suas misturas. Sua utilização está restrita num valor máximo de 0,5% no produto final.

Na fabricação de carnes e frangos curados, os fosfatos têm por finalidade contribuir para manter a estabilidade, além de ações coagulantes e gelatinizantes sobre as proteínas e dispersantes, emulsificantes sobre as gorduras e efeito sequestrante ao reagirem com os metais polivalentes, inativando-os, impedindo-os de participar da oxidação das gorduras que causam rancidez. Além disso, contribuem com a força iônica dos fluidos cárneos, mantendo as fibras mais separadas, aumentando por esse motivo, a capacidade de retenção de água das mesmas. Este efeito também é atribuído ao aumento do pH pela adição destes sais. Também é atribuído a eles, um poder sequestrante dos íons metálicos bivalentes (cálcio e magnésio) cuja remoção favorece a hidratação das cadeias peptídicas das proteínas. O rendimento das peças de carne tratadas com fosfatos em condições comerciais aumenta de 1 a 10%.

**Produtos processados de carnes e frangos**, a mistura de STPP + SAPP durante o processamento no cutter acelera o desenvolvimento da cor avermelhada em salsichas, mortadelas, dentre outros produtos. Esses fosfatos têm o potencial de aumentar a produtividade, elevando a temperatura da câmara de defumação, aumentando sua capacidade. Além disso, apresenta uma emulsão mais resistente a uma variação brusca de pH.

**Carnes, frangos, peixes e frutos do mar congelados** são beneficiados

pelo tratamento com soluções de fosfatos diminuem a perda de sucos contendo proteína durante o descongelamento e reduzem a retração da carne durante o cozimento. O resultado é um produto mais suculento, macio e com melhor sabor.

**Na indústria de camarões e frutos do mar**, os fosfatos podem auxiliar na facilidade da remoção da casca, aumentando o rendimento final da operação.

**Em peixes enlatados**, a adição de SAPP durante a etapa de envasamento diminui e evita a formação de cristais de estruvite.

Para terminar, em **produtos reestruturados e reconstituídos**, os fosfatos solubilizam as proteínas que ligam as peças e ajudam na retenção da mistura.

## Fosfatos na indústria de laticínios

A funcionalidade dos fosfatos em laticínios são inúmeras, no qual podemos destacar algumas:

- Podem manter os produtos com a variação de pH necessária;
- estabilizar a proteína do leite (evitando a coagulação por aquecimento);
- dispersar proteínas e aromatizantes;
- coagulação de proteínas;
- acidificação dos produtos;
- emulsificação.

Em **queijos processados**, os fosfatos são utilizados para ajudar a manter a emulsão da gordura da manteiga na matriz proteína-água, apresentando um produto mais uniforme no sabor e a gordura não se separa do queijo quando derretido. Também controlam o pH, dando ao produto maior firmeza e fusão característica. Os fosfatos são utilizados com a mesma finalidade em produtos recheados com queijo, produtos que imitam queijo e requeijão cremoso pasteurizado.

Em **queijos naturais**, os fosfatos são utilizados de três formas:

utilizando o DSP para precipitar o cálcio, necessário a multiplicação das culturas; o fosfato de amônio e potássio são utilizados para suprir a necessidade de nutrientes no meio de cultura inicial e o MCP ou o ácido fosfórico para acidular o leite e diminuir o tempo de processamento e aumentar os níveis de cálcio no queijo. Pode-se também utilizar o TSPP para diminuir o tempo de processamento. Adiciona-se coalho e ácido fosfórico à cultura, para produzir uma massa que pode ser moldada e permite iniciar o processo de cura em seguida.

**No leite em pó e derivados**, adiciona-se o DSP em leite “magro” antes de desidratá-lo, obtém-se leite em pó desnatado que se dissolve mais facilmente na água. O fosfato mantém as proteínas do leite dispersas, protegendo-as da coagulação pelo calor durante a secagem no *spray dryer*.

Para prevenir a coagulação por calor **no leite condensado, leite evaporado ou creme de leite**, utiliza o DSP para estabilizar a caseína do leite. Como **leite pasteurizado, creme de leite e o leite longa vida** têm um tempo maior de estocagem, são estabilizados com DSP e SHMP, que previne a formação de gel durante a estocagem. A manteiga produzida pela acidificação direta do leite com ácido fosfórico tem seu tempo de processamento reduzido e maior tempo de prateleira. A adição de TSPP antes da acidificação age como dispersante para os coágulos que se formam num meio ácido, além de melhorar o sabor, a viscosidade, a consistência, a estabilidade do soro e a aparência da manteiga.

Para manter a dispersão da gordura no **sorvete**, podemos adicionar DSP, TSPP ou SHMP, evitando a formação e bolas de manteiga (ou gordura) durante o congelamento. Em sorvetes a base de chocolate, os fosfatos também ajudam a manter estável a suspensão de chocolate (a mesma função é exercida em sobremesas geladas).

**Cremes batidos** de várias compo-

sições têm aumento da estabilidade da espuma com a adição de TSPP. Pela estabilização de filmes de proteína, o SHMP inibe a exsudação em coberturas à base de leite, enquanto o DSP funciona, da mesma maneira, em produtos baseados em outras fontes de proteína. Em **creme para café**, um sistema de fosfatos para controlar o pH consistindo de DSP, DKP, SAPP e/ou STPP contribui para a estabilidade da camada de proteína em volta das gotículas de gordura prevenindo, então, a sinérese. Este sistema também previne a separação da gordura, quando o creme é adicionado ao meio fortemente acidificado do café. O TSPP também tem sido utilizado como agente estabilizante para ajudar a dispersar as proteínas.

## Fosfatos na indústria de bebidas Refrigerantes e Cervejas:

ácido fosfórico é utilizado como acidulante. Seu sabor efervescente e adstringente melhora o forte sabor da cola, o seu baixo pH melhora o sabor e a estabilidade na estocagem e o sequestro de íons de metais indesejáveis ajuda a estabilizar o grau de carbonato desejado.

**Bebidas em pó:** o MCP é utilizado, onde ele apresenta um controle de pH contra o azedume nas bebidas, acidulante não-higroscópico que substitui até 50% de ácido cítrico e contribui para o perfil nutricional dos produtos. Já o TCP que também é utilizado nesse tipo de produto também contribui com uma série de propriedades, como dispersante, agente nebulizador em bebidas reconstituídas, e da mesma forma que o MCP, contribui para o perfil nutricional dos produtos.

O MSP e o MKP são utilizados em bebidas isotônicas para reconstituir o sódio e o potássio que foram perdidos na atividade física.

## Outras aplicações

**Produção de levedura:** pode-se utilizar o ácido fosfórico para ajustar o pH do meio de crescimento. Fosfatos como mono e diamônico, mono e

dipotássico são usados para prover nutrientes para as leveduras.

**Cereais matinais:** com a adição de fosfato dissódico apresentam tempo de cozimento menor e uma coloração melhorada.

**Amidos modificados:** esses amidos são justamente modificados com a adição de fosfatos, apresentando propriedades diferentes das dos amidos convencionais.

**Pudins instantâneos:** depende da relação entre o TSPP e o cálcio da

dar mudanças de cor em compotas de frutas vermelhas; e SHMP é usado para aumentar a vida útil de cidra de maçã e outros sucos.

**Vegetais:** o STPP, o SHMP ou o TSPP são utilizados em produtos enlatados ou congelados para aumentar a maciez. Esses fosfatos evitam o endurecimento da casca devido à absorção de cálcio e magnésio da água.

**Ovos processados:** o STPP e o SHMP inibem o desenvolvimento de rancidez nos lipídios das gemas,



proteína do leite, o qual induz a gelatinização. A adição de fosfato dissódico pode acelerar o preparo, dependendo da quantidade de cálcio contido nas proteínas. Algumas vezes é necessário adicionar cálcio à formulação, na forma de fosfato monocálcico.

**Batatas processadas:** o SAPP e o TSPP oferecem proteção contra o escurecimento após o cozimento em batatas fritas e congeladas, em batatas doces e também em purês de batatas desidratadas.

**Frutas:** o MCP é utilizado para aumentar a firmeza em frutas enlatadas (aumentando o pectinato de cálcio); o ácido fosfórico é empregado para acidular e otimizar a firmeza de geléias e recheios de bolos e pães; e polifosfatos são utilizados para retar-

evitam a coagulação de ovos desidratados durante o aquecimento intenso do período de desidratação, aumentam a eficiência na produção e a estabilidade da espuma em produtos à base de ovos desidratados (aumenta a funcionalidade dos ovos desidratados em bolos e merengues); o MSP e o MKP preservam a coloração da gema durante a estocagem sob resfriamento ou congelamento.

Óleos e gorduras: o ácido fosfórico previne a rancidez por oxidação em margarinas e óleos, é utilizado no processo de dissolução da goma para a purificação da soja e outros óleos vegetais. Também controla o pH e complexa traços de íons metálicos como os de ferro, níquel ou cobre, que catalisam o desenvolvimento de rancidez.

**Sobremesas e gelatinas:** o MSP e o DSP servem como agentes tamponantes, controlam a capacidade de absorção de água que é dependente do pH. Já o uso do ácido fosfórico, juntamente com o ácido cítrico e o tartárico, é utilizado como agente tampão para controlar a acidez, dando a firmeza de gel de pectina e, ao mesmo tempo, para complexar cátions (como ferro), que dá uma cor opaca para as gelatinas.

**Amendoim:** o STPP e o SHPP são utilizados para salgar o produto na casca, fazendo com que a salmoura penetre mais facilmente através da casca.

**Processamento do açúcar:** o ácido fosfórico ajuda no processo de clarificação do açúcar.

**Molhos para salada:** o ácido fosfórico é empregado em pequenas quantidades para dar o sabor ácido e também para diminuir a atividade biológica.

## FOSFATOS E A NUTRIÇÃO - ALTERNATIVAS DE REDUÇÃO DE SÓDIO EM ALIMENTOS

Os fosfatos oferecem uma contribuição essencial para o crescimento humano e metabolismo. O Cálcio, sob a forma de carbonato ou fosfato, é o principal material inorgânico que forma o osso, sendo responsável por 2/3

REDUÇÃO DE SÓDIO NOS ALIMENTOS		
A redução ocorre a partir dos seguintes valores apresentados abaixo:		
	Limite máximo em 2012	Limite máximo em 2014
Bolo pronto com recheio	282mg/100g	242mg/100g
Bolo pronto sem recheio	392mg/100g	332mg/100g
Rocambole	221mg/100g	204mg/100g
Mistura para bolo aerado	476mg/100g	398mg/100g
Mistura para bolo cremoso	349mg/100g	295mg/100g
Salgadinho de milho	1090mg/100g	852mg/100g
Batata frita e palha	650mg/100g	586mg/100g
Maionese	1283mg/100g	1051mg/100g
Biscoito doce	419mg/100g	359mg/100g
Biscoito salgado	923mg/100g	699mg/100g
Biscoito doce recheado	389mg/100g	265mg/100g
Bisnaguinha	531mg/100g	430mg/100g
Pão de Forma	645mg/100g	522mg/100g
Pão Frances	616mg/100g	586mg/100g
Macarrão instantâneo	Deve alcançar teor Máximo de sódio 1920,7mg/100g (2012)	

de seu peso. Cerca de 97% a 99% do cálcio do corpo encontra-se nos ossos.

O Ministério da Saúde, em parceria com a ANVISA, comprometeram-se a elaborar o Plano Nacional de Redução de Consumo de Sal, onde estarão monitorando o teor de sódio dos alimentos processados, acompanhando as tendências de consumo alimentar da população e a avaliação do impacto da redução desse consumo nos custos do SUS (Sistema Único de Saúde) e na incidência crônica.

O plano estabelece redução gradual de sódio em várias categorias, que tiveram as metas acordadas, em 2011, com o Ministério da Saúde.

Essa redução ocorre por etapas, as quais possuem valores específicos a serem cumpridos em cada prazo (veja Tabela acima).

Existem produtos como o CALRISE®, produto da Innophos com distribuição pela Makeni Chemicals. Este produto consegue substituir o SAPP na proporção 1:1 em todos os produtos do segmento de panificação. É um agente levedante a base de cálcio, ideal para formulações com redução de sódio e livre de sódio, além de uma excelente opção como fonte de cálcio, por se tratar de um produto com 18% deste mineral.

Já para a linha de carnes, frangos, embutidos, empanados, entre outros produtos, apresentam a linha **Super Bind®, Curavis® So Lo 93**, que são produtos que substituem o STPP e outros ingredientes, trazendo outros benefícios técnicos e redução de custo.



The Distribution Company  
**Makeni Chemicals Comércio e Indústria de Produtos Químicos Ltda.**  
[www.makeni.com.br](http://www.makeni.com.br)

# APLICAÇÕES DE FOSFATOS EM ALIMENTOS

## FOSFATOS

É uma substância inorgânica conhecida por estar presente em organismos vivos e minerais e está presente na maioria dos sistemas de alimentos. Muito utilizado como ingrediente tecnofuncional (mono, di, tri e polifosfatos) e aplicado em enriquecimento mineral (Ca, Mg, K e Fe - fosfatos).

## PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS FOSFATOS

- Panificação.
- Laticínios.
- Carnes.
- Nutrição.
- Bebidas.
- Variados:
  - » Modificação de amido.
  - » Processamento de batata.
  - » Outros.
- Higiene pessoal.
- Pet Food.
- Farmacêutico

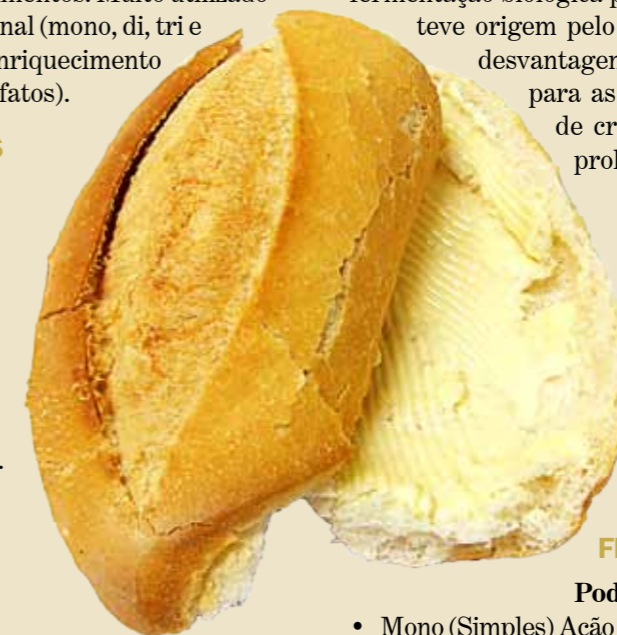
## PRINCIPAIS PROPRIEDADES:

- Regulador de acidez.
- Acidulante.
- Agente levedante.
- Estabilizante.
- Dispersante.
- Nutriente.
- Tamponante.
- Suplemento mineral.
- Alcalinizante.
- Agente emulsificante.
- Sequestrante.
- Modificador de proteína.
- Antiumectante.

Neste artigo, serão abordadas de forma sucinta e objetiva as aplicações de fosfatos em panificação, laticínios, carnes, bebidas e como enriquecedor nutricional em produtos.

## UTILIZAÇÃO EM PANIFICAÇÃO

Alguns fosfatos são utilizados na panificação como levedantes (fermentos químicos). Essa substituição da fermentação biológica pela química em alguns produtos, teve origem pelo fermento biológico ter algumas desvantagens, como necessitar de substrato para as leveduras e necessita de tempo de crescimento para as leveduras se proliferarem.



## Função do fosfato em bolos

São agentes de crescimento ácido em conjunto com o bicarbonato de sódio, controlando o tempo de liberação do dióxido de carbono e balanceando a reação evitando o sabor residual, além de realizarem nucleação da massa.

## FERMENTO QUÍMICO

### Podem ser classificados pela ação:

- Mono (Simples) Ação - fermento age apenas com apenas um fator (calor ou umidade, ou tempo).
- Dupla Ação - fermento age com dois fatores (calor ou umidade, ou tempo).
- Tripla Ação - fermento age com três fatores diferentes (calor ou umidade, ou tempo).

Os fermentos químicos se diferem na velocidade com que liberam o gás carbônico. Para isto, existem fosfatos com a propriedade de ações variadas. O bom balanceamento e o processo adequado resultam em fermentos diferenciados.

## NEUTRALIZAÇÃO QUÍMICA

O processo onde o bicarbonato inicial é neutralizado por um ácido é chamado de neutralização química.

Geralmente ao se adicionar um líquido no produto, o bicarbonato de sódio é solubilizado rapidamente e se disponibiliza para reagir com um ácido. A taxa de dióxido

## Bibliografia

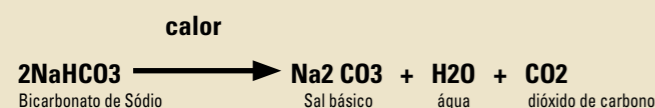
- Halliday, D.A., 1978. Phosphates in food processing. Process Biochemistry: p.6-9, July.
- Klose, A.A.;Lyon, B.G.; Day, W.D. 1978. Effect of addition of polyphosphate and salt before and after cooking on quality os freeze-dried cooked chicken. Poultry Sci.,57: 1573-1578.
- Lawrie, R.A. 1977. Ciência da Carne. 2ª Ed. Zaragoza, Acibia, 456p.
- Marujo, R.C. 1988. O uso de fosfatos em pescado. In: Seminário sobre controle de qualidade na indústria de pescado, 25-27/ julho, 1988. Santos (SP), 260-264.
- Pardi, M.C.; Santos, I.F.;Souza, E.R.;Pardi, H.S. 1993. Ciência, Higiene e tecnologia da carne. Vol 1, Goiania

- (GO), CEGRAF – UFG, Niteroi, EDUFF, 586p.
- Regenstein, J.M; Jaurengi, C.A; Baker, R.C.1984. The effect of pH, polyphosphate and different salts on water retention properties of ground trout muscle. J. Food Biochem.,8: 123-131.
- Sofos, J.N. 1986. Use of phosphates in low-sodium meat products. Food Technology, Fort Collins, 40: 52-68. Set.
- Lidon, F.J.C; Silvestre, M.M.2007. Industrias Alimentares: Aditivos e Tecnologia. 359p.
- Baruffalfi, R.; Oliveira, M.N. 1998. Fundamentos de Tecnologia de Alimentos. Vol.3. São Paulo: Atheneu Editora. 317p. Material técnico Innophos.

de carbono liberada dependerá da taxa em que o próton do ácido torna-se disponível para reagir com o bicarbonato. Cada ácido tem um tempo de liberação e uma taxa de reação, que também pode depender da presença de cátions divalentes do cálcio, da concentração de açúcar, da presença de amidos e gomas e da umidade.

Tendo um balanceamento equilibrado destes componentes e as variações dos agentes ácidos, é possível obter diferentes produtos, com textura, simetria, altura e outros diferentes.

## DECOMPOSIÇÃO DO BICARBONATO DE SÓDIO (SODA)



O bicarbonato de sódio reage em presença de ingredientes ácidos e se decompõe a 109°C, porém resulta em um sal alcalino que pode transmitir à massa um sabor residual de sabão e deixar a superfície do produto com pontos de coloração marrom.

## FUNÇÃO DOS LEVEDANTES:

- Melhora a textura do produto.
- Forma bolhas de gás.
- Estrutura uniforme das células.
- Afina paredes das células.
- Melhora a cor do miolo.

### Características dos levedantes

Cada fosfato pode reagir com algum tipo de agente externo. Existem os fosfatos que reagem com umidade ou líquidos, iniciando sua reação, como o MCP. Outros reagem com tempo, onde há o início em contato com a água e o restante ocorre com o tempo ou em contato com temperaturas elevadas, como o SAPP. Já o DCPD reage com a temperatura elevada, sendo acionado a aproximadamente 65°C. Utilizando-se uma combinação entre os fosfatos, é possível adequação do fermento ao processo de quem os utilizará, e a escolha dos fosfatos a serem utilizados está relacionada ao momento em que se deseja que o CO<sub>2</sub> seja liberado.

## FOSFATOS COMO LEVEDANTES - ETAPAS

### Nucleação

Ácidos com ativação por umidade têm a reação rápida com o Bicarbonato, liberando dióxido de carbono durante a mistura.

Estes fermentos atuam na nucleação da massa, para auxiliar no processo de liberação de gás carbônico no forneamento.

### Crescimento

Fermentos com ação ao tempo e temperatura liberam Gás Carbônico aos poucos, proporcionando o crescimento nas massas.

### Textura

A liberação de Gás Carbônico nos processos de mistura e forneamento proporciona um ganho de altura e de textura, criando células no interior do biscoito, facilitando a mastigabilidade e evitando a compactação da massa.

### Padronização das células (miolo)

Com o controle da reação, que se dá pelos tipos de fermentos químicos, podemos sincronizar a liberação de Gás Carbônico com a estrutura da massa.

Na Tabela 1, temos as etapas do processo de panificados e exigências em relação ao que deve ocorrer em cada uma.

Etapa	Exigências
Mistura Seca	Não há liberação de gás
Mistura	Nucleação da massa
Modelagem	Não há liberação de gás
Crescimento/ Espera	Geralmente não libera gás
Assamento	Liberação total do CO <sub>2</sub> - Biscoitos 49-60°C - Bolos 65-73°C
Refrigeração	Não há liberação de gás



Abaixo temos a fórmula para cálculo de dosagem dos fosfatos (% de levedantes), onde % soda é a quantidade do bicarbonato de sódio adicionada ao produto, podendo ser baseado esse valor na Tabela 2, e VN é o Valor de Neutralização (Partes de soda que são neutralizadas por 100 partes do ácido levedante), onde podem ser observados estes valores na Tabela 3.

$$\% \text{ Ácido Levedante} = \frac{\% \text{ Soda} \times 100}{\text{VN}}$$

Produto	% Soda
Misturas secas (biscoitos, bolos, waffle, muffin, panquecas)	1,5 – 2,0
Massa para Pizza	0,3 – 1,2
Mistura para Pizza	1,0
Farinha de tortilhas	0,5 – 1,0
Crackers	0,5 – 1,8
Fermento em pó (latinha)	30

Ácido Levedante	VN
MCP – Fosfato Monocálcico Monohidratado	80
MCPA – Fosfato Monocálcico Anidro	80
SAPP – Pirofosfato Ácido de Sódio	72
SALP – Fosfato de Sódio e Alumínio	100
Levona – Pirofosfato Ácido de Cálcio	52
DCPD – Fosfato Dicálcico Dihidratado	33

### Exemplo:

Uma mistura contém 1,2% de soda. Três ácidos são utilizados e cada um neutralizará as seguintes proporções de soda:

- 10% de soda com MCP (VN 80)
- 75% de soda com SALP (VN 100)
- 15% de soda com DCPD (VN 33)

### Cálculos

- 10% de soda com MCP (VN 80)
- 10% de 1,2 = 0,12% soda  
» Quantidade de MCP = (0,12 x 100) / 80 = 0,15%
- 75% de soda com SALP (VN 100)
- 75% de 1,2 = 0,9% soda  
» Quantidade de SALP = (0,9 x 100) / 100 = 0,90%
- 15% de soda com DCPD (VN 33)
- 15% de 1,2 = 0,18% soda  
» Quantidade de DCPD = (0,18 x 100) / 33 = 0,54%

Total de ácidos levedantes (soma) = 1,59%



## UTILIZAÇÃO EM CÂRNEOS E FRUTOS DO MAR

Os fosfatos são indicados para utilização em:

- Carnes: presunto, bacon, salsichas, linguíças.
- Aves: peru, nuggets, salsichas de frango, presunto de peru.
- Frutos do Mar: camarão, filé de peixe.
- Qualquer produto cárneo processado.
- Carne vermelha: vaca, porco, carneiro.
- Carne branca: galinha, peru.
- Carnes alternativas: búfalo, avestruz.
- Marinados frescos, cozidos ou defumados.
- Congelados.
- Misturas de temperos secos.

### Principais funções em carnes

- Mantém a água, deixando a carne macia.
- Impede a perda quando cozinhar ou descongelar.
- Liga proteína - Liga pedaços de carnes presunto, salsicha, nuggets de frango.
- Emulsifica.
- Ajusta o pH para cor, aroma e etc.
- Melhorar o rendimento, tendo assim menor perda de produtos, conseqüentemente maior lucro.
- Aumentar o shelf life.
- Proteger a gordura de formação de *off flavors*.
- Aumentar a atração do cliente.
- Modificação da textura.
- Melhorar a aparência.

### Principais funções em frutos do mar

- Redução do gotejamento durante o descongelamento.
- Retenção do aroma.



- Prevenção de rancidez oxidativa.
- Crioproteção.
- Inibição de cristais struvite.
- Sequestraste.

## MÉTODOS DE ADIÇÃO DE FOSFATOS EM CÂRNEOS E FRUTOS DO MAR



### Adição Seca

Usada primeiramente em produtos moídos (linguiças), onde é requerida boa mistura do produto.

### Imersão

Processo lento onde a penetração de fosfato ocorre em nível indeterminado.

### Injeção

Rápido e com controle excelente sobre o nível usado, tendo uma distribuição uniforme.

### Tombamento

Distribuição excelente de solução de fosfato, tenderização.

Na tabela 4 estão as dosagens e métodos indicados para carnes, e na tabela 5 temos as dosagens e métodos utilizados em frutos do mar.

Produtos	Método	% por peso
Peru inteiro, Presunto de Peru, Pastrami	Injeção e Tombamento	0.40 -0.50
Hamburger, Patês	Adição seca	0.20 -0.40
Linguiça cozida, Salsicha	Adição seca	0.15 -0.35
Presunto, Bacon, Carne salgada em lata, Roast Beef, Pastrami	Injeção e Tombamento	0.50
Ave Reestruturada, Patês, Nuggets	Adição seca	0.15 -0.35
Salsicha	Adição seca	0.20 -0.30

TABELA 5 - INDICAÇÕES DE DOSAGEM E MÉTODO DA UTILIZAÇÃO DE FOSFATOS PARA FRUTOS DO MAR

Produtos	Método	% por peso
Salmão Enlatado	Imersão	3 -5%
Camarão Descascado	Imersão	5 -7%
Camarão para Congelar/Cozinhar	Imersão	5 -7%

## UTILIZAÇÃO EM LATICÍNIOS

A utilização de fosfatos em laticínios pode se dar em:

- Qualquer produto elaborado com leite e seus derivados.
- Laticínios análogos: creme de café sem leite e produtos à base de soja.
- Queijos, produtos com leite em pó, cremes de café e soro de leite, etc.
- Misturas secas.
- Bebidas prontas.
- Comidas prontas que contém produtos lácteos.
- Leite em pó desnatado.
- Leite em pó aromatizado.
- Sorvete e sobremesas congeladas.
- Sopas a base de lácteos.
- Bebidas a base de lácteos, como capuccino.
- Processamento de soro de leite.
- Culturas Starter.

Os fosfatos podem alterar propriedades de leite e derivados através da quelação de metais, alterações do meio iônico, efeitos do pH, interação direta com componentes do leite, entre outros, por isso é necessário analisar bem os efeitos que irão ocorrer no produto final antes de utilizá-los.

### Queijos

Para utilização destes produtos como emulsificantes isolados, não se deve utilizar mais que 3% do peso do queijo processado e pasteurizado destes, e pode ser aplicada qualquer combinação de:

- Fosfatos: MSP, DSP, DKP, TSP, SHMP, SAPP, TSPP, SALP;
- Citrato de Na, Ca, K;
- Tartarato de Na, Tartarato de Na/K.

### Leite UHT

Os fosfatos recomendados para estabilizar as proteínas do leite e agirem como tamponante em leite UHT são o DSP (Fosfato dissódico), e o SHMP (Hexametáfosfato de sódio).

São indicados para aplicação com tratamento de baixa temperatura (270°F, 1-2 segundos), necessitando de um período de prevenção da gelatinização da proteína e tendo uma interação direta com a proteína, com dosagem indicativa de 0,05 -0,5% sobre o produto final.

### Leite condensado

Para leite condensado, é recomendado o uso do DSP (Fosfato dissódico), e o SHMP (Hexametáfosfato de sódio). Eles agem como quelantes do cálcio e também interagem com a proteína. São indicados pois o choque térmico de HTST (161°F, 15 segundos) fornece ao leite uma tendência de gelificação, e o SHMP retarda a formação de gel para mais de um ano. A dosagem orientativa é de 0,6% baseado em sólidos do leite seco

### Fosfato = Estabilizar

Interação dos fosfatos com proteínas para protegê-las das condições de processamento, como calor, pH extremos ou mesmo ação mecânica.

### Utilização em bebidas

- Bebidas escuras carbonatadas.
- Bebidas contendo sucos.
- Cerveja ou vinho.
- Mistura seca.
- Xarope concentrado.
- Preparado de bebidas.

### Funções dos fosfatos em bebidas:

- Acidulante - Realça o sabor e aroma  
Muito utilizado em bebidas carbonatadas. Utiliza-se o ácido fosfórico, MKP, Ácido adípico.
- Balanço Isotônico - Bebidas para Esportistas, onde há necessidade de acrescentar fontes de sais, como potássio. Utiliza-se o MKP.
- Fortificação - Bebidas diets, suplementos. Geralmente são utilizados TCP, DCP, DKP, TKP, DMP e DSP.
- Antiumectante e agentes opacificantes.

Na maioria das vezes, utilizado em Bebidas em pó, como refrescos, energético em pó, isotônico em pó, etc. O mais indicado para esta função é o TCP.

- Auxiliar dispersante  
Utilizados em bebidas em pó, aromas de bebidas em pó, bebidas líquidas com alto teor de sólidos. Os mais indicados são o TSPP, SAPP, STP e o SHMP.
- Sequestrantes, Estabilizantes - catiônicos

Indicados para bebidas de frutas, vinho, cerveja, chás, etc. Os fosfatos usados são o STP, SHMP, TSPP, SAPP e o DAP.

- Estabilização de proteínas

São indicados para utilização em nata, chocolate quente, capuccino, soda, bebidas de soja. Os fosfatos são o STP, SHMP, TSPP, SAPP, DKP e o DSP

- Nutrientes

São utilizados em leveduras em vinhos, cervejas ou destilados. Fosfatos indicados: MAP, DAP

## UTILIZAÇÃO PARA AGREGAR VALOR NUTRICIONAL

São aplicados em qualquer produto alimentício, em qualquer forma, onde se espera que seja fortificado, adicionando minerais, ou como fonte de nutrientes num produto:

- Barras nutricionais.
- Suplementos de refeição, bebidas diets.
- Fórmulas infantis.
- Bebidas geriátricas.
- Bebidas isotônicas.

Os fosfatos também podem ser utilizados para fortificar produtos onde o consumidor não espera necessariamente que estes sejam fortificados, mas sim como um diferencial do produto, para um público específico, como:

- Queijos.
- Iogurtes.
- Margarinas.
- Arroz.
- Cereais.
- Bebidas.

A Plury química fornece diversos fosfatos, que podem ser utilizados como fonte de fósforo, cálcio ou potássio.

Abaixo segue os fosfatos com que a Plury Química trabalha atualmente:

- DCP - Fosfato bicálcico Anidro
- DSP - Fosfato Dissódico
- DKP - Fosfato Dipotássico
- MSP - Fosfato Monossódico
- MCP - Fosfato Monocálcico
- MFP - Monofluorofosfato de sódio
- MKP - Fosfato Monopotássico
- SAPP - Pirofosfato Ácido de Sódio
- SHMP - Hexametáfosfato de Sódio
- STP - Tripolifosfato de Sódio
- SALP - Fosfato de alumínio e sódio
- STMP - Trimetáfosfato de sódio
- TCP - Fosfato Tricálcico
- TKPP - Pirofosfato Tetrapotássico
- TSP - Fosfato trissódico dodecahidratado
- TSPP - Pirofosfato Tetrassódico



Plury Química Ltda.  
www.pluryquimica.com.br