

# Aplicações do dióxido de enxofre na manutenção da qualidade de sucos de frutas tropicais

## Use of sulphur dioxide for quality preservation of tropical fruit juices

RIALA6/1053

Geraldo A. MAIA<sup>1\*</sup>, Andréa S. LIMA<sup>1</sup>, Claisa A. S. FREITAS<sup>1</sup>

\* Endereço para correspondência: Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos, caixa postal 12168, CEP 60356-000, Fortaleza/CE. e-mail: frutos@ufc.br

<sup>1\*</sup> Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

Recebido: 04/01/2005 – Aceito para publicação: 04/08/2005

### RESUMO

A qualidade dos sucos de frutas tropicais é influenciada por fatores microbiológicos, enzimáticos e químicos, que podem comprometer suas características sensoriais, nutricionais e a saúde do consumidor. Para a conservação de sucos de frutas a legislação brasileira permite o uso do dióxido de enxofre como um aditivo alimentar. O presente trabalho apresenta uma revisão sobre o uso do dióxido de enxofre e seus respectivos sais na manutenção da qualidade de sucos de frutas tropicais industrializados, com ênfase em seu modo de ação e aspectos toxicológicos.

**Palavras-Chave.** sucos de frutas tropicais, dióxido de enxofre, conservador, vida-de-prateleira.

### ABSTRACT

Microbiological, enzymatic and chemical factors interfere on the quality of tropical fruit juices, and impairments can be caused on their sensory and nutritional characteristics, and also on consumers health. The Brazilian legislation allows the use of sulphur dioxide as a food additive for fruit juice conservation. The present paper presents a revision on the use of sulphur dioxide and their respective salts for preserving the quality of industrialized tropical fruit juices, and gives emphasis on their mode of action, and on toxicological aspects.

**Key Words.** tropical fruit juices, sulphur dioxide, preservative, shelf life.

### SUMÁRIO

Introdução .....	1
Aspectos gerais .....	2
Atividade antimicrobiana .....	2
Controle do escurecimento enzimático .....	3
Controle do escurecimento não enzimático .....	4
Aspectos toxicológicos .....	4
Legislação .....	5
Considerações finais .....	5
Referências .....	5

### INTRODUÇÃO

Os sucos de frutas são consumidos e apreciados em todo o mundo, não só pelo seu sabor, mas, também, por serem fontes naturais de carboidratos, carotenóides, vitaminas, flavonóides, minerais e outros componentes importantes. A inclusão na dieta de componentes encontrados em frutas e suco de frutas pode ser importante na prevenção de doenças e para uma vida mais saudável<sup>1,2,3</sup>.

A produção de sucos no cenário do agronegócio nacional e internacional é vista como uma das atividades mais promissoras no ramo alimentar<sup>4</sup>. Segundo Agriannual<sup>5</sup>, a produção mundial de sucos é de cerca de 20 bilhões de litros/ano. O Brasil tem a liderança mundial das exportações de sucos de laranja e cítricos, e ocupa a 8ª posição no ranking dos exportadores de sucos de frutas tropicais<sup>6</sup>. Os novos hábitos modernos, induzindo ao consumo de produtos naturais, justificam a demanda crescente deste produto no mercado internacional.

No Brasil, diversas indústrias de sucos de frutas tropicais utilizam um método de conservação misto, associando a aplicação do processo térmico de pasteurização com a adição de aditivos químicos, que atuam como conservadores inibindo o crescimento microbiano, a atividade enzimática e as reações químicas que ocasionam alterações indesejáveis nas características microbiológicas, nutricionais e sensoriais do suco. Os conservadores químicos normalmente usados pelas indústrias do setor são combinações de ácido benzóico e dióxido de enxofre na forma de seus respectivos sais de sódio e potássio.

O dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) atua como branqueador e conservador sendo o mais utilizado e eficaz em alimentos e reconhecido como GRAS pelo Food and Drug Administration (FDA)<sup>7,8</sup>, ou seja, é considerado geralmente seguro para uso em alimentos quando usado de acordo com as boas práticas de manufatura e dentro dos níveis recomendados para cada alimento<sup>8,9</sup>.

Considerando a grande tendência e potencial de crescimento do mercado de sucos de frutas tropicais e a importância dos conservadores químicos para a preservação destes produtos, procurou-se, nesta revisão, reunir informações sobre o uso do dióxido de enxofre e seus respectivos sais na manutenção da qualidade de sucos de frutas industrializados.

#### Aspectos gerais

O dióxido de enxofre é um dos mais antigos conservadores utilizados nas indústrias de alimentos<sup>10</sup>. É um gás incolor, não inflamável, de odor sufocante, que se liquefaz a - 10°C<sup>11</sup>. Devido às dificuldades no seu manuseio e solubilidade são utilizados sais derivados em substituição, tais como: sulfito de potássio, bissulfito de sódio, metabissulfito de sódio e metabissulfito de potássio<sup>12</sup>. Em soluções aquosas (Figura 1), o dióxido de enxofre e sais derivados formam ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), íons sulfito (SO<sub>3</sub><sup>=</sup>) e bissulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sendo que a proporção relativa de cada forma depende do pH do meio, força iônica e concentração<sup>8,10,13</sup>.

Os sulfitos têm diversas funções nos alimentos e bebidas, atuando como agentes sanitizantes<sup>7</sup>, antioxidantes,

antimicrobiano e inibidores do escurecimento<sup>7,8,14,15,16,17,18</sup>. Segundo Taylor<sup>19</sup>, os sulfitos são os mais úteis de todos os conservadores usados em alimentos em face do seu amplo espectro de ação e por serem considerados seguros. As propriedades físicas e químicas do dióxido de enxofre e sais derivados são apresentadas na Tabela 1.

#### Atividade antimicrobiana

Embora se conheça pouco sobre o mecanismo de ação do dióxido de enxofre e derivados sobre os microrganismos, acredita-se que a forma não dissociada do ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) seja responsável pela atividade antimicrobiana, devido a maior facilidade de penetração através das membranas celulares. Tal fato é sustentado pela maior eficiência destes compostos a baixo pH<sup>10,20,21</sup>. Uma outra hipótese é que a atividade antimicrobiana seja devida ao seu forte poder redutor, com esses compostos reduzindo a tensão de oxigênio a um ponto abaixo do requerido pelos microrganismos aeróbios ou pela ação direta sobre o sistema enzimático<sup>20</sup>.

O pH do produto é provavelmente a propriedade que mais influencia a ação antimicrobiana do dióxido de enxofre e sais derivados. Baixos pHs potencializam a atividade antimicrobiana deste conservador<sup>22</sup>, pois em meio ácido há uma maior predominância da forma não dissociada do ácido sulfuroso. A Figura 2 apresenta as proporções de H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> e SO<sub>3</sub><sup>=</sup> em solução aquosa em função dos valores de pH<sup>23</sup>.

Na faixa de pH dos sucos de frutas (3,0 - 4,5), o íon bissulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e o ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), são as formas predominantes e, possivelmente, as formas ativas no controle

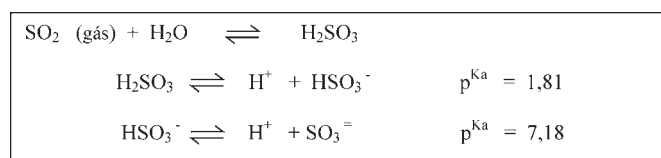


Figura 1. Dissolução do dióxido de enxofre e sais derivados.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas do dióxido de enxofre e sais derivados.

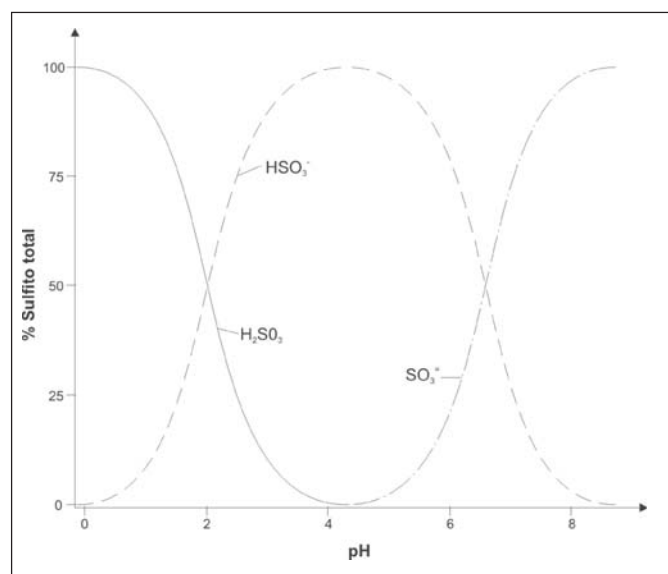
Composto	Características
<b>Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	Gás incolor, não inflamável, de odor sufocante, que se liquefaz a - 10°C. Quando aplicado na água dissolve-se, originando o ácido sulfuroso (H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ) e seus íons sulfito (SO <sub>3</sub> <sup>=</sup> ) e bissulfito (HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).
<b>Sulfito de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>)</b>	Pó branco a castanho, inodoro, 1g dissolve-se em 4 ml de água, dando origem a H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> em pH baixo.
<b>Sulfito de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>)</b>	Pó branco, inodoro, 1g dissolve-se em 3,5 ml de água.
<b>Bissulfito de sódio (NaHSO<sub>3</sub>)</b>	Pó branco, cristalino, com odor de SO <sub>2</sub> , 1g dissolve-se em 3,5 ml de água.
<b>Bissulfito de potássio (KHSO<sub>3</sub>)</b>	Pó branco, cristalino, com odor de SO <sub>2</sub> , bastante solúvel em água.
<b>Metabissulfito de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	Pó ou cristal branco, com odor de SO <sub>2</sub> , altamente solúvel em água.
<b>Metabissulfito de potássio (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	Pó ou cristal branco, com odor de SO <sub>2</sub> , altamente solúvel em água.

Fonte: Leitão<sup>31</sup>. (pág. 4 no texto)

de bolores, leveduras e bactérias. Em pH maior que 4,5, o bissulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ) inibe bactérias mas não leveduras. De acordo com Lindsay<sup>10</sup> e Luck<sup>21</sup>, o mecanismo de inibição do bissulfito na célula se explica por meio das seguintes reações: redução de ligações dissulfídicas essenciais em enzimas; formação de compostos de adição que interferem na cadeia respiratória; reações com aminoácidos, pirimidinas e nucleosídeos. Então, a ação mais patente dos sulfitos contra microrganismos é seu ataque a distintos pontos da estrutura enzimática da célula. Há bastante tempo, se conhece a ação inibidora dos sulfitos sobre as enzimas com o grupo SH<sup>24</sup>. A grande sensibilidade destas enzimas aos sulfitos está relacionada com o efeito inibitório primário nas reações dependentes do NAD<sup>+16</sup>. Segundo Wong<sup>25</sup>, a atividade antimicrobiana dos sulfitos depende da penetração do SO<sub>2</sub> molecular através da membrana celular. Tem-se sugerido que o dióxido de enxofre ativa um sistema ATPase localizado na membrana celular. Uma vez no interior da célula, o SO<sub>2</sub> pode interagir com diversos compostos celulares, como cofatores, coenzimas, aminoácidos, pirimidinas e nucleosídeos. De acordo com Simão<sup>26</sup>, o dióxido de enxofre reage também com o DNA, formando ligações cruzadas com resíduos de ácidos nucleicos. A peroxidação de lipídeos devido à presença do SO<sub>2</sub> causa danos nas membranas celulares, que podem avariar o sistema de transporte de nutrientes dos microrganismos.

A concentração mínima de dióxido de enxofre necessária para a inibição de microrganismos varia, dependendo de fatores como tipo de microrganismo, substrato e pH do meio<sup>16</sup>.

Os valores apresentados nas Tabelas 2 e 3 equivalem às quantidades mínimas de sulfito de sódio necessárias quando se utiliza apenas este conservador químico como agente antimicrobiano. No entanto, os sucos de frutas tropicais são formulados com teores de dióxido de enxofre inferiores aos valores referidos por Luck e Jager<sup>16</sup>, pois apresentam baixo pH



**Figura 2.** Proporções de ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), íons sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) e bissulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ) em solução aquosa. (pág. 5 no texto)<sup>3</sup>

e podem ter também adição de ácido benzóico.

O ácido benzóico apresenta atividade contra fungos, leveduras e bactérias, sendo mais eficiente contra bactérias e leveduras do que contra fungos<sup>22,27</sup>. Entretanto, o ácido benzóico utilizado em alimentos ácidos age essencialmente inibindo fungos e leveduras, uma vez que valores de pH menor que 4,5 são geralmente suficientes para prevenir o crescimento bacteriano neste tipo de alimento<sup>28,29,30</sup>. Como agente antimicrobiano o ácido benzóico apresenta ação sinérgica com dióxido de enxofre<sup>22,31</sup>. Este ácido é considerado substância GRAS (“Generally Recognized as Safe”) pelo Food and Drug Administration (FDA), o que torna seguro o seu uso nas concentrações recomendadas para adição nos alimentos<sup>32,33</sup>.

### Controle do escurecimento enzimático

As enzimas envolvidas no processamento de frutas que causam alterações na cor dos alimentos são de natureza oxidativa

**Tabela 2.** Ação inibidora do dióxido de enxofre frente às bactérias (pH 6,0).

Microrganismo	Concentração mínima de sulfito de sódio (ppm)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	500
<i>Pseudomonas effusa</i>	500
<i>Pseudomonas ovalis</i>	1000
<i>Staphylococcus aureus</i>	800
<i>Lactobacillus casei</i>	1000
<i>Lactobacillus arabinosus</i>	550
<i>Escherichia coli</i>	1000 - 2000
<i>Aerobacter aerogenes</i>	1000
<i>Bacillus subtilis</i>	500
<i>Bacillus megatherium</i>	500
<i>Bacillus cereus var. mycoídes</i>	500

FONTE: Luck e Jager<sup>35</sup>.

**Tabela 3.** Ação inibidora do dióxido de enxofre frente às leveduras e bolores.

Microrganismos	pH	Concentração mínima de sulfito de sódio (ppm)
<b>Leveduras</b>		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4,0	800 - 1600
<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	2,5 - 3,5	200 - 800
<i>Zygosaccharomyces nussbanmii</i>	4,0	2000
<i>Hansenula anomala</i>	5,0	2400
<b>Bolores</b>		
<i>Mucor species</i>	2,5 - 3,5	300 - 600
<i>Penicillium glaucum</i>	4,5	2800
<i>Penicillium species</i>	5,0	1600 - 4000
<i>Penicillium species</i>	2,5 - 3,5	200 - 600
<i>Aspergillus niger</i>	4,5	2200

FONTE: Luck e Jager<sup>35</sup>.

e atuam sobre os substratos naturais encontrados nas frutas, produzindo substâncias coloridas e podendo ocasionar alterações no sabor, no aroma e no valor nutritivo<sup>34,35</sup>.

As principais enzimas relacionadas com o escurecimento enzimático de sucos de frutas são a polifenoloxidase (PPO), ácido ascórbico oxidase e peroxidase (POD). A polifenoloxidase, na presença do oxigênio, pode catalisar muitas reações envolvendo compostos fenólicos naturalmente encontrados em muitas frutas. Dentre os compostos naturais, encontrados nas frutas, mais susceptíveis à ação da polifenoloxidase se destacam o catecol, a tirosina, os ácidos clorogênico, caféico, gálico e ascórbico, as hidroquinonas, as antocianidinas e os flavonóides<sup>34,35</sup>. Esta enzima, na presença de oxigênio, catalisa a hidroxilação de monofenóis aos correspondentes orto-dihidroxifenóis (atividade cresolase) oxidando-os a orto-quinonas (atividade catecolase)<sup>36,37,38,39,40</sup>. A reação do escurecimento prossegue através de oxidações não enzimáticas ocorrendo, finalmente, a polimerização das quinonas a pigmentos melânicos de cor escura, os quais quimicamente são polímeros amorfos, insolúveis e altamente estáveis, que podem interagir com outros constituintes do meio, particularmente as proteínas, formando complexos coloridos<sup>17,25,36,38,40,41</sup>. A peroxidase catalisa a oxidação de um aceptor (geralmente um composto fenólico) por meio da água oxigenada, formando tetraguaiacol, um composto amarelo escuro ou marrom. A peroxidase tem-se mostrado a enzima mais termorresistente, e sua inativação térmica constitui, em certas condições, um processo reversível. Sua atividade pode ser restituída total ou parcialmente durante o período de estocagem, a temperaturas baixas ou mesmo em condições ambientes. O ácido ascórbico, na presença de oxigênio, pode ser oxidado pela enzima ácido ascórbico oxidase, originando ácido diidroascórbico que poderá dar origem ao ácido  $\alpha$ -cetogulônico e ao furfural e posteriormente a polímeros escuros<sup>34</sup>. Estas enzimas podem não ser totalmente inativadas durante o processamento dos sucos, uma vez que o alto teor de polpa presente, em geral, nos sucos de frutas tropicais dificulta a ação do processo térmico de inativação destas enzimas.

Os agentes sulfitantes podem prevenir o escurecimento por sua capacidade redutora, agindo competitivamente com o oxigênio, por ação direta sobre a polifenoloxidase ou por combinação irreversível com as orto-quinonas, formando produtos incolores e prevenindo a condensação até melanoidinas<sup>13,19,36,40,42,43,44,45,46</sup>. A adição de sulfito previne a destruição do ácido ascórbico durante o processamento e estocagem do produto, por evitar a oxidação causada pela enzima ácido ascórbico oxidase<sup>13</sup>.

### Controle do escurecimento não enzimático

Os sucos de frutas apresentam características de cor, aroma e sabor bastante peculiares. Estas características tendem a sofrer modificação durante o processamento e estocagem dos mesmos, conduzindo a degradação geral do produto.

Os três mecanismos de escurecimento não enzimático mais importantes nos sucos de frutas são: 1 - reação de Maillard que ocorre entre açúcares redutores e grupos  $\pm$ -amino de

aminoácidos, peptídeos e proteínas resultando na formação de melanoidinas (pigmentos marrons); 2 - oxidação do ácido ascórbico (vitamina C) a furfural e ácido alfa-cetogulônico, os quais, na presença de compostos nitrogenados, geram pigmentos marrons escuros; além de gerar pela simples polimerização do furfural formado, pigmentos marrons claros; 3 - caramelização de açúcares que ocorre pela ação de ácidos sobre açúcares, levando à formação de hidroximetilfurfural que se polimeriza gerando as melanoidinas, pigmentos de coloração marrom<sup>47</sup>. As reações de escurecimento não enzimático resultam na destruição de nutrientes tais como aminoácidos essenciais e ácido ascórbico, reduz a digestibilidade de proteínas, inibe a ação de enzimas digestivas e interfere na absorção de minerais por promover a complexação de íons metálicos. Produtos potencialmente tóxicos mutagênicos podem ser formados devido à reação de Maillard<sup>19</sup>.

Em geral, o escurecimento não enzimático pode ser inibido ou controlado de várias formas, utilizando-se baixas temperaturas de armazenamento, removendo o oxigênio da embalagem e usando inibidores químicos como os sulfitos<sup>47</sup>. O dióxido de enxofre é provavelmente o mais eficaz dos inibidores do escurecimento não enzimático em alimentos<sup>10</sup>. Segundo Riedel<sup>48</sup>, este aditivo possibilita a uniformização da cor e aumenta o prazo de conservação de sucos de frutas industrializados.

O mecanismo químico pelo qual o dióxido de enxofre inibe o escurecimento não enzimático não está totalmente esclarecido, acreditando-se que se trata de reações do bissulfito com os grupos carbonila ativos das moléculas de açúcares e vitamina C<sup>10</sup>. Segundo Araújo<sup>13</sup>, o SO<sub>2</sub> atua como inibidor da reação de escurecimento, bloqueando a carbonila e prevenindo a condensação destes compostos pela formação irreversível de sulfonatos interrompendo a seqüência de reações que levaria a formação de melanoidinas. Entretanto, o uso do dióxido de enxofre pode levar a sabor e aroma desagradáveis<sup>49</sup>, bem como a destruição da vitamina B1 no alimento<sup>8,49,50,51,52</sup>.

O sulfito interage com vários constituintes presentes nos alimentos, incluindo: açúcares redutores, aldeídos, cetonas, proteínas e antocianinas<sup>53</sup>, sendo que o sulfito na forma ligada é reduzido em alimentos ácidos. A extensão da reação depende do pH, temperatura, concentração de sulfito e componentes reativos presentes no produto. A reatividade do dióxido de enxofre é muito alta, e durante o processamento e estocagem do produto freqüentemente ocorrem perdas consideráveis de SO<sub>2</sub><sup>7,16</sup>.

### Aspectos toxicológicos

Um dos princípios que regulam o emprego de aditivos alimentares é sua inocuidade, porém, é impossível determinar uma prova absoluta da sua toxicidade para todos os seres humanos. Os ensaios toxicológicos se referem aos efeitos fisiológicos em animais experimentais em relação a um determinado coeficiente de ingestão.

O FDA (Food and Drug Administration) há muito tempo incluiu o dióxido de enxofre, sulfito, bissulfito e metabissulfito



de sódio e potássio na lista GRAS (“Generally Recognized as Safe”). O JECFA (Comitê Conjunto FAO/OMS de Peritos em Aditivos Alimentares) também considera os sulfitos seguros para uso em alimentos e estabeleceu uma ingestão diária aceitável de 0,7 mg/Kg de peso corpóreo<sup>19</sup>.

Por solicitação do FDA, a Federação das Sociedades Americanas para Experimentos Biológicos (FASEB) criou um Comitê “*ad hoc*” em 1984 para se examinar o status “GRAS” para sulfitos. Referido grupo concluiu que os sulfitos não são teratogênicos, mutagênicos ou cancerígenos em animais de laboratório. Não encontraram também nenhum dado toxicológico ou metabólico significativo<sup>54</sup>.

Os sulfitos costumavam ser populares com os proprietários de restaurantes para uso em saladas porque mantinham as frutas e os vegetais crus com aparência fresca, mas seu uso foi banido depois que algumas pessoas sofreram reações alérgicas perigosas. O FDA agora proíbe o uso de sulfito em alimentos que serão ingeridos crus, com exceção de uvas<sup>55</sup>, e exige que produtos contendo mais de 10 ppm de dióxido de enxofre declarem seu uso no rótulo<sup>56</sup>. Vale ressaltar que em alimentos ácidos sulfitados (pH < 4,0) o SO<sub>2</sub> pode ser volatilizado e perdido. Portanto, em muitos alimentos somente uma pequena fração do sulfito adicionado permanece na forma livre no produto final<sup>18</sup>.

Segundo Sizer e Whitney<sup>55</sup>, para a maioria das pessoas os sulfitos não impõem um risco nas quantidades normalmente usadas, mas de acordo com Pizzoferrato et al.<sup>8</sup> os sulfitos apresentam efeitos antinutricionais, interagindo com algumas vitaminas, como piridoxal, nicotinamida, tiamina e ácido fólico, reduzindo a qualidade nutricional dos alimentos processados. No entanto, Bragagnolo et al.<sup>57</sup> afirma que os efeitos biológicos dos agentes sulfitantes não estão completamente elucidados.

O dióxido de enxofre e os sulfitos são biotransformados a sulfatos e excretados na urina sem qualquer dano patológico<sup>15,20,51,58</sup>. A biotransformação do sulfito consiste da sua oxidação para sulfato, pela ação da enzima sulfito oxidase localizada na mitocôndria presente nos tecidos, principalmente, do coração, fígado e rins. No organismo humano, esta enzima também converte de aminoácidos sulfurosos (cisteína e metionina) em sulfitos. Esse processo metabólico normal controla o excesso desses aminoácidos, oxidando-os a sulfatos, os quais são facilmente eliminados. Em todas as espécies estudadas, a maioria do sulfito ingerido é rapidamente excretada na forma de sulfato, o qual pode interagir com proteínas, formando complexo proteína-tiosulfonato que pode persistir no organismo. Indivíduos asmáticos e deficientes em sulfito oxidase toleram até uma determinada quantidade de sulfito sem apresentarem sensibilidade. Existe uma outra enzima não tão específica que oxida também sulfito a sulfato, a xantina oxidase<sup>21</sup>. De acordo com Taylor<sup>19</sup>, o único efeito adverso associado com sensibilidade ao sulfito é a asma embora somente uma pequena porcentagem de asmáticos sejam sensíveis ao sulfito.

## Legislação

Denomina-se aditivo alimentar qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento<sup>59</sup>. No entanto, o conceito de aditivo alimentar é bastante variável de país para país. Uma determinada substância pode ser utilizada como aditivo por um país e ter seu uso proibido no outro<sup>60</sup>.

No Brasil, os aditivos estão classificados em 23 classes funcionais entre as quais está a dos conservadores, definidos como substâncias que impedem ou retardam a alteração dos alimentos provocada por microrganismos ou enzimas. O dióxido de enxofre e seus derivados estão enquadrados como conservadores<sup>59</sup>.

A Resolução nº 04/88 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), do Ministério da Saúde<sup>61</sup> permite a adição de no máximo 200 mg/Kg de dióxido de enxofre em sucos de frutas. Entretanto, no caso específico do suco de caju se faz necessário o emprego de níveis mais elevados de dióxido de enxofre que o utilizado para outros sucos de frutas, de modo a se evitem as reações de escurecimento e perda das características de aroma, sabor e valor nutritivo. A Resolução nº 12/02 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), do Ministério da Saúde<sup>62</sup>, estabelece o limite máximo de dióxido de enxofre no suco de caju com alto teor de polpa em 300 mg/100ml, devendo-se considerar que este deverá ser diluído com água na proporção 1:9 antes do consumo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação de sucos de frutas tropicais pela adição do dióxido de enxofre seguida de tratamento térmico é o método mais utilizado pelas indústrias processadoras, visto que este aditivo apresenta comprovada ação no controle de microrganismos e do escurecimento enzimático e não-enzimático, contribuindo significativamente na manutenção da qualidade dos sucos industrializados, por um maior período de tempo. Além disso, este aditivo é considerado seguro sob o ponto de vista toxicológico, desde que não exceda os limites permitidos pela legislação brasileira.

## REFERÊNCIAS

1. Blenford DE. Winner drinks: use of amino acids and peptides in sports nutrition. *Int Food Ingrid* 1996; 3: 20-5.
2. Broek AVD. Functional Foods: The japanese approach. *Int Food Ingrid* 1993; 5: 4-10.
3. Shils ME, Olson JA, Shike M. *Modern nutrition in health and disease*. 8<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994. 210 p.

4. Associação das Indústrias Processadoras de Frutos Tropicais. Relatório sobre exportações de sucos de frutas. Aracaju; 2001. [http://tropicaljuice.com.br]. 20 maio 2002.
5. Agriannual. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio; 2004. 545 p.
6. Tropical Juice. Cenário Mundial. Mercados externos para sucos tropicais. [http://www.tropicaljuice.net/port/mdb\_indice.html]. 14 fevereiro 2004.
7. Behre LM. Sulfite food additives: to ban or not ban? *Dairy Food Sanit* 1986; 6: 386-90.
8. Pizzoferrato L, Di Lullo G, Quattrucci E. Determination of free, bound and total sulphites in foods by indirect photometry-HPLC. *Food Chem* 1998; 63: 275-9.
9. Fazio T, Warner CR. A review of sulphites in foods: analytical methodology and reported findings. *Food Addit Contam* 1990; 7: 433-54.
10. Lindsay RC. Química de los alimentos. In: Fennema OR, editor. Aditivos alimentar. Zaragoza: Acribia; 1993. p.709-773.
11. Leitão MF. Microbiologia de sucos, polpas e produtos ácidos. In: Leitão MF, editor. Industrialização de frutas. ITAL: Campinas; 1988. p.47- 76.
12. Nisida ALC. Fatores envolvidos na sulfitação/dessulfitação de sucos. *Colet ITAL* 1991; 21: 12-20.
13. Araújo JMA. Química de Alimentos: teoria e prática. 2ed., Viçosa: UFV; 1999. 350p.
14. Adams JB. Food additive-additive interactions involving sulphur dioxide and ascorbic and nitrous acids - a review. *Food Chem* 1997; 59: 401-9.
15. Lindsay RC. Food chemistry. In: Fennema OR, editor. Food additives. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Basel; 1996. p.767-823.
16. Luck E, Jager M. Antimicrobial food additives: Characteristics uses effects. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer; 1995. 200 p.
17. Sapers GM. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and other means. *Food Technol* 1993; 47: 75-84.
18. Walker R. Sulphiting agents in foods: some risk/benefit considerations. *Food Addit Contam* 1985; 2: 15-24.
19. Taylor S.L. Why Sulfite Alternatives? *Food Technol* 1993; 47: 14-5.
20. Franco BDGM, Landgraf M. Microbiologia de alimentos. São Paulo: Atheneu; 1996. 182 p.
21. Luck E. Conservación química de los alimentos. Zaragoza: Acribia; 1981. 107 p.
22. Sofos JN. Antimicrobial agents. In: Maga JA, Tu AT, editores. *Food Addit. Toxicol.*, New York: Marcel Dekker Inc.; 1995. p.501-29.
23. King A, Ponting J, Sanschuck D, Jackson R, Mihara K. Factors affecting death of yeast by sulphur dioxide. *J Food Prot* 1981; 49: 92-7.
24. Araújo JMA. Conservadores químicos em alimentos. *Bol SBCTA* 1990; 24: 192-210.
25. Wong DWS. Química de los alimentos: Mecanismos y teoría. Zaragoza: Acribia; 1995. 476 p.
26. Simão AM. Aditivos para alimentos sob o aspecto toxicológico. 2<sup>nd</sup> ed. São Paulo: Nobel; 1989. 161 p.
27. Klimble C.H. Chemical food preservatives. In: Block SS, editor. *Disinfection, sterilization and preservation*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1977. p.834-58.
28. Chipley, JR. Sodium benzoate and benzoic acid. In: Davidson PM, Branan AL, editores. *Antimicrobials in foods*. New York: Marcel Dekker; 1993. p.11-48.
29. Tfouni SAV, Toledo MCF. Conservadores ácido benzóico e ácido sórbico - uma revisão. *Bol SBCTA* 2001; 35: 41-53.
30. Wagner MK, Moberg LJ. Present and future use of traditional antimicrobials. *Food Technol* 1989; 43: 143-7.
31. Smith J. *Food Additive User's Book*. London: Blackie Academic & Professional; 1997. 346 p.
32. Frias I, Alvarez R, Sierra AH. Aspectos bromatológicos y toxicológicos de los conservantes benzoico y sorbico. *Aliment* 1996; 96: 109-14.
33. Robach MC Use of preservatives to control microorganisms in food. *Food Technol* 1980; 34: 81-4.
34. Laderoza M, Draetta IS. Enzimas e pigmentos: Influencias e alterações durante o processamento. In: Soler MP, editor. *Manual de industrialização de frutas*. ITAL: Campinas; 1991. p.17-30.
35. Menezes HC, Draetta IS. Bioquímica das frutas tropicais. In: Menezes HC, Draetta IS, editores. *Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos*. São Paulo: ITAL - Série Frutas Tropicais n.10; 1980. p. 9-17.
36. Galeazzi MAM. Comportamento das polifenoloxidases em alimentos. *Arch Lat Amer Nutr* 1984; 34: 269-89.
37. Macheix JJ, Sapis JC, Fleuriet A. Phenolic compounds and polyphenoloxidase in relation to browning in grapes and wines. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1991; 30: 441-86.
38. Mendonça SC, Guerra NB. Métodos físicos e químicos empregados no controle do escurecimento enzimático de vegetais. *Bol SBCTA* 2003; 37: 113-8.
39. Nicolas JJ, Richard-Forget FC, Goupy PM, Amiot MJ, Aubert SY. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1994; 34: 109-57.
40. Vámos-Vigyázó L. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1981; 15: 49-127.
41. Fennema OR. Química de los alimentos. Zaragoza: Acribia; 1992. 1095 p.
42. Embs RJ, Markakis P. The mechanism of sulfite inhibition of browning caused by polyphenol oxidase. *J Food Sci* 1965; 30: 753-8.
43. Gould GW, Russell NJ. Food preservatives. In: Russell NJ, Gould GW, editores. *Sulphite*. New York: AVI book published; 1991. p.72-88.
44. Haisman DR. The effect of sulfur dioxide on oxidising enzyme systems in plant tissues. *J Sci Food Agric* 1974; 25: 803-10.
45. Mayer AM, Harel E. Polyphenol oxidases in plants. *Phytochem* 1979; 18: 193-215.
46. Valero E, Varón R, García-Carmona F. A kinetic study of irreversible enzyme inhibition by an inhibitor that is rendered unstable by enzymic catalysis. *Biochem* 1991; 277: 869-74.
47. Perera CO, Baldwin EA. Biochemistry of fruits and its implication on processing. In: Arthey D, Ashurst PR, editores. *Fruit processing: nutrition, products and quality management*. 2<sup>nd</sup> ed. Garthersburg-Maryland: An Aspen Publication; 2001. p. 19-33.
48. Riedel G. Controle sanitário dos alimentos. 2<sup>nd</sup> ed. São Paulo: Atheneu; 1992. 320 p.
49. Bobbio PA, Bobbio FO. Introdução à química de alimentos. 2<sup>nd</sup> ed, São Paulo: Varela; 1992. 223 p.
50. Anônimo. Conservantes: técnicas alternativas contra bactérias. *Aditivos & Ingredientes*; 2002. 18 p.
51. Furia TE. *Handbooks of food additives*. 2<sup>nd</sup> ed, Cleveland: CRC Press; 1981. 246 p.
52. Midio AF, Martins DI. Toxicologia de alimentos. In: Midio AF, Martins DI, editores. *Agentes tóxicos contaminantes direto de alimentos*. São Paulo:Varela; 2000. p. 61-159.
53. Araújo JMA. Química de alimentos: teoria e prática. 1<sup>st</sup> ed. Viçosa: UFV; 1995. 416 p.
54. Federation of American Societies for Experimental Biology. The reexamination of the GRAS status of sulfiting agents. Report prepared for Center for Food Safety and Applied Nutrition, FDA; 1985.
55. Sizer FS, Whitney EN. Segurança dos alimentos e tecnologia alimentar. In: Sizer FS, Whitney EN, editores. *Nutrição: Conceitos e Controvérsias*. 8<sup>th</sup> ed. Barueri-SP:Manole; 2003. p.508-45.
56. Food and Drug Administration. Food labeling: declaration of sulfiting agents. *Federal Register*, 51: 25012-20, 1986.
57. Bragagnolo N, Silva CA, Taniwaki MH. Avaliação dos teores de dióxido de enxofre e da qualidade microbiológica de cogumelos em conserva. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2001; 60: 103-7.
58. Wedzicha BL. Chemistry of sulphiting agents in food. *Food Addit Contam* 1992; 9: 449-59.
59. Brasil. Leis, Decretos. Portaria nº 540 do Ministério da Saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 out. 1997. nº 208. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego.
60. Martins MS, Kimura IA, Michelato SR. Legislação de aditivos alimentares. *Food Ingrid* 2003; 25: 84-90.
61. Brasil. Leis, Decretos. Resolução nº 04 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 10 jan. 1988. Seção I, p. 24716-23.
62. Brasil. Leis, Decretos. Resolução nº 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 10 jan. 2002. [http://www.vigilanciasanitaria.gov.br/anvisa.html]. 01 maio 2005.