

Perdas Vitamínicas Durante o Tratamento Térmico de Alimentos

Losses of Vitamins in Heat Treatment of Foods

Natália Rocha Sucupira^{a*}; Ana Caroline Pinheiro Xerez^a; Paulo Henrique Machado de Sousa^a

Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará, Ceará, Brasil.

*E-mail: natsucupira@yahoo.com.br

Recebido: 3 de novembro de 2011; Aceito: 23 de fevereiro de 2012.

Resumo

O tratamento térmico pode ter um impacto positivo (destruição de patógenos e inativação de enzimas indesejáveis) ou negativo (perdas de nutrientes). As condições de processamento podem causar perdas de vitaminas, que variam de acordo com o método de cozimento e o tipo de alimento. A degradação de vitaminas depende de condições específicas durante o processamento, tais como temperatura, presença de oxigênio, luz, pH, umidade, e duração do tratamento térmico. Apesar de estudos correlacionarem o processamento industrial e seus efeitos na qualidade nutricional, o conhecimento deste assunto ainda é disperso e insuficiente. Esta revisão de literatura teve como objetivo abordar as perdas de vitaminas durante o processamento de alimentos submetidos ao tratamento térmico. A análise crítica dos estudos encontrados mostra que alguns métodos de processamento industrial retêm as vitaminas enquanto outros promovem uma maior perda. Verificou-se que as perdas de vitaminas foram variáveis de acordo com os produtos analisados, sendo que o processo que mais contribuiu para a ocorrência de tais perdas foi a esterilização. Entre os trabalhos analisados, pôde-se observar maior referência à vitamina C e ao β -caroteno. As vitaminas mais sensíveis ao processamento industrial são a vitamina C e tiamina.

Palavras-chave: Vitaminas. Tratamento Térmico. Alimentos.

Abstract

Heat treatment can have a positive impact (destruction of pathogens and inactivation of undesirable enzymes) or a negative impact (loss of nutrients). Processing conditions cause losses of vitamins, which vary widely according to the cooking method and the type of food. Degradation of vitamins depends on specific conditions during the process, e.g., temperature, presence of oxygen, light, moisture, pH and duration of the heat treatment. Although there are studies that correlate the industrial processing and its effects on nutritional quality, knowledge about this subject is scattered and insufficient. This review aimed to address the loss of vitamins during food processing, concerning its stability during heat treatment. A critical analysis of studies shows that some methods of industrial processing retain vitamins while others promote greater loss. Losses of vitamins were variable according to the products analyzed, and the process that contributed to the occurrence of greater losses was sterilization. Among the studies analyzed, one could observe a broader reference to vitamin C and β -carotene. Vitamin C and thiamine showed higher sensitivity to industrial processing.

Keywords: *Vitamins. Heat Treatment. Food.*

1 Introdução

A inserção de grande número de mulheres no mercado de trabalho, o aumento do número de solteiros vivendo sozinhos, o ritmo de vida acelerado e o crescimento econômico de países antes denominados subdesenvolvidos tem exigido mais praticidade no momento de fazer refeições e aumentado a demanda por alimentos prontos para o consumo.

As pessoas têm deixado de consumir alimentos frescos para consumir alimentos industrializados. Neste aspecto, é importante ter conhecimento do impacto que o processamento destes alimentos pode causar no valor nutricional dos produtos. Assim será possível fazer adequações seja na adição de ingredientes que suplementem estas perdas, como a adição de vitaminas aos alimentos, ou na otimização e inovação de processos que provoquem menores perdas nutricionais.

O consumidor está cada vez mais preocupado em consumir alimentos saudáveis, nutritivos e que possam trazer benefícios

para a saúde. Os mecanismos tecnológicos de rápido acesso à informação têm tornado o consumidor mais exigente e curioso a respeito do conteúdo dos alimentos industrializados e do seu valor nutricional, buscando estas informações nos rótulos dos produtos. As indústrias de alimentos, ao acrescentarem vitaminas para compensar as perdas durante o processamento, aproveitam o marketing na embalagem e promovem o produto como sendo enriquecido com vitaminas e nutritivo.

As vitaminas são micronutrientes essenciais que contribuem para o desenvolvimento normal e manutenção da homeostase¹.

A deficiência de vitaminas induz ao mau funcionamento do organismo (avitaminoses) e ao aparecimento de doenças específicas como beribéri, escorbuto, raquitismo e xeroftalmia. Por outro lado, o excesso de vitaminas no organismo pode causar o problema da hipervitaminose. As vitaminas não são sintetizadas pelos humanos em quantidade suficiente para

o desempenho normal de suas funções, sendo necessária a ingestão através dos alimentos. O teor de vitaminas dos alimentos é bastante variado, dependendo, no caso de vegetais, da espécie, do estágio de maturação na época da colheita, de variações genéticas, do manuseio pós-colheita, das condições de estocagem, de processamento e do tipo de preparação².

Entre as carências nutricionais de maior importância epidemiológica, a deficiência de vitaminas, ainda hoje, assume graves proporções no contexto da saúde pública em todo o mundo. O enriquecimento do leite com vitaminas é uma prática comum, que pode ser aplicada tanto para compensar as perdas ocorridas durante o processo de desnate parcial ou simplesmente para aumentar o seu valor nutritivo. Programas de enriquecimento de alimentos e políticas educativas sobre a importância desses nutrientes têm sido implementados por alguns governos. Alimentos como cereais, farinhas, leite, biscoitos, achocolatados, entre outros, estão sendo enriquecidos com vitaminas em suas formas mais estáveis e bioativas^{1,3}. Devido ao aumento do consumo de alimentos industrializados que contêm menos vitaminas devido ao processamento, a alimentação atual é muito deficiente nestes compostos. .

As vitaminas podem ser classificadas em hidrossolúveis e lipossolúveis. Dentre as hidrossolúveis, existem: tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), ácido pantotênico (vitamina B5), piridoxina, piridoxamina e piridoxal (Vitamina B6), ácido fólico, cobalamina (vitamina B12), ácido ascórbico (vitamina C), biotina (vitamina Bh) e niacina (vitamina PP). As vitaminas lipossolúveis necessitam do auxílio de gorduras para serem absorvidas. As mais importantes são: A, D, E, K⁴.

As vitaminas são compostos bastante sensíveis podendo sofrer degradação por vários fatores, como temperatura, presença de oxigênio, luz, umidade, pH, duração do tratamento a que foi submetido o alimento, entre outros. Apesar de tornar os alimentos mais atraentes ao paladar e aumentar sua vida de prateleira, o processamento de alimentos pode alterar significativamente a composição qualitativa e quantitativa dos nutrientes⁵.

O ácido ascórbico ou vitamina C (I) é uma cetolactona de seis carbonos, sendo um potente agente redutor que se oxida facilmente e de modo reversível a ácido dehidroascórbico (II) porém ainda possui propriedades de vitamina C. A atividade biológica da vitamina C se perde quando o ácido dehidroascórbico se transforma pela compressão irreversível do anel lactônico em ácido 2,3-dicetogulônico (III) (Figura 1).

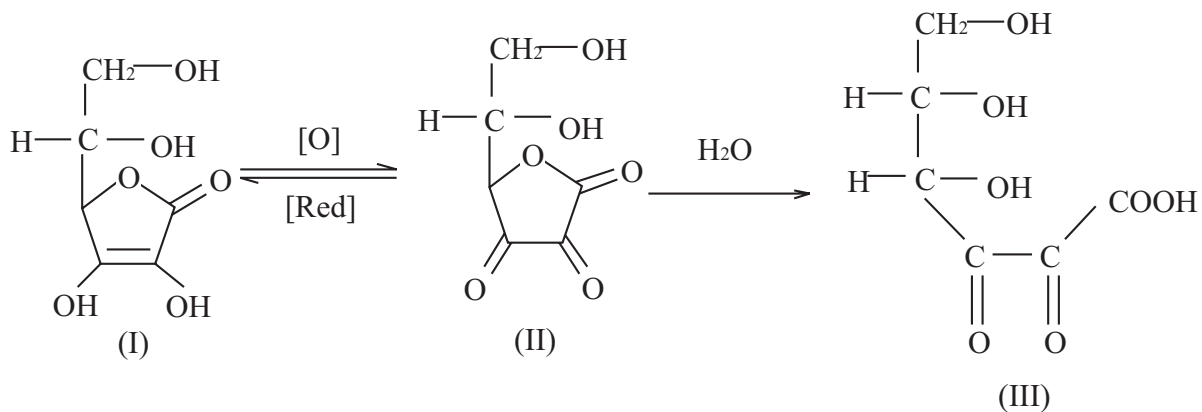


Figura 1: Oxidação do ácido L- ascórbico a ácido dihidroascórbico e ácido dicetogulônico⁶

Em condições aeróbicas, o ácido ascórbico é transformado em ácido dehidroascórbico que passa a ácido^{2,3} dicetogulônico produzindo, finalmente, hidroxifurfural⁷.

Os consumidores estão mais conscientes da qualidade nutricional de alimentos. Tanto consumidores como fabricantes de alimentos têm se tornado interessado na vitamina C por ser uma das mais sensíveis (incluindo as vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis) ao processamento e as condições de armazenamento. As vitaminas podem ser degradadas quimicamente durante o processamento e a estocagem e sua degradação está relacionada a vários fatores, tais como: pH, oxigênio, luz, temperatura e teor de umidade ou atividade de água^{8,9}. O ácido ascórbico é a vitamina mais degradável quimicamente, por isso sua retenção é considerada um índice de manutenção da qualidade nutricional durante

o processamento e a estocagem. Considera-se que, se o ácido ascórbico estiver retido no alimento, o percentual de retenção das outras vitaminas (solúveis em gordura ou em água) será semelhante ou superior. A oxidação é o mecanismo responsável pela maior parte das perdas de ácido ascórbico nos alimentos. Quanto às vitaminas lipossolúveis, suas perdas durante a estocagem são atribuídas a interações com peróxidos ou radicais livres provenientes da oxidação de lipídios. Assim, qualquer forma de prevenção da oxidação de lipídios aumenta a retenção de vitaminas lipossolúveis¹¹

No que diz respeito ao processamento de alimentos, o emprego de calor é o método mais comum para aumentar a vida de prateleira dos produtos, possibilitando a inativação ou inibição do crescimento de microrganismos e enzimas¹².

Contudo, uma série de mudanças indesejáveis ocorre nos

alimentos tratados pelo calor, como a alteração no *flavor*, na cor e na textura, além da destruição de vitaminas¹³.

Atualmente, as pesquisas envolvendo vitaminas estão direcionadas, em maior parte, aos aspectos médicos e nutricionais, e muito pouco se encontra na literatura sobre as perdas ocorridas durante o processamento dos alimentos. Desta forma, a análise de vitaminas é importante, particularmente na indústria de alimentos, tanto para assegurar a qualidade dos produtos quanto para garantir o cumprimento da legislação vigente sobre produtos enriquecidos com estes nutrientes¹⁴.

Esta revisão de literatura teve como objetivo abordar as perdas de vitaminas durante o processamento de alimentos submetidos a tratamento térmico, tais como: branqueamento, pasteurização e esterilização.

2 Desenvolvimento

Realizou-se uma sistemática pesquisa bibliográfica de estudos de processamentos de alimentos e perdas de vitaminas. Utilizou-se as bases de dados Science Direct, Scielo, Scirus, Web of Science e periódicos da Capes, além de livros e outras fontes bibliográficas consideradas relevantes. Os descritores utilizados foram: vitaminas perdas, degradação, alimentos, tratamento térmico, processamento e seus correspondentes em inglês. A avaliação das referências utilizadas foi feita de forma crítica de maneira a destacar o impacto do processamento de alimentos no valor nutricional e despertar o interesse para que novos estudos contribuam com mudanças que possam diminuir a perda de vitaminas.

2.1 Processamento industrial e estabilidade de vitaminas

A estabilidade de vitaminas difere entre os alimentos mesmo quando estes são submetidos às mesmas condições de processamento e estocagem. Isso se deve, principalmente, à matriz de cada alimento que interage de forma diferente com as vitaminas, protegendo-as, e fazendo com que os efeitos do processamento sejam diferentes¹⁵. Conhecer os principais fatores que afetam a estabilidade da vitamina pode prevenir ou reduzir sua perda durante a preparação de alimentos. Normalmente, o processamento dos alimentos procura, por um lado, minimizar as perdas de nutrientes e por outro, obter um produto seguro quanto à conservação. As principais causas de perda de nutrientes nos alimentos são as perdas por lixiviação, por oxidação, por moagem e pela cocção¹⁶. A vitamina A é estável sob uma atmosfera inerte, no entanto, ela perde rapidamente sua atividade quando aquecida na presença de oxigênio, especialmente em altas temperaturas. Eitenmiller e Laden¹⁷ relataram que há muitos estudos na literatura sobre a estabilidade do trans-retinol e β -caroteno em alimentos durante o processamento e armazenamento. A retenção de β -caroteno depende da espécie vegetal e do tipo de método de cozimento. Carotenóides são extremamente suscetíveis à degradação. Sua estrutura altamente insaturada lhe confere sensibilidade ao calor, oxigênio e luz¹⁸.

As várias formas de vitamina K são relativamente estáveis ao calor e são mantidas após a maioria dos processos de cozimento. Esta vitamina é decomposta pela luz solar e na presença de álcalis. A vitamina K1 (fitomenadiona ou phyloquinone) é apenas gradualmente decomposta por oxigênio atmosférico¹⁹.

A tiamina é altamente instável em pH alcalino. A estabilidade depende do grau de aquecimento e das propriedades sobre a matriz dos alimentos. A degradação térmica ocorre mesmo sob condições ligeiramente ácidas¹⁷.

2.2 Processamento com emprego de calor

2.2.1 Branqueamento

Este método consiste em um tratamento térmico prévio que utiliza água fervente ou vapor a um tempo e uma temperatura pré-estabelecidos, tendo como finalidade inativar enzimas responsáveis por reações de deterioração, que são responsáveis por alterações sensoriais e nutricionais em alimentos. A destruição de vitaminas provocada pelo branqueamento depende do tempo de exposição ao calor e do meio utilizado para transmissão de calor durante o processo (água ou vapor)²⁰.

A peroxidase é uma das enzimas mais estáveis ao calor, sendo utilizada, frequentemente, como um indicador de branqueamento. Além disso, o branqueamento também reduz a carga microbiana inicial do produto, promove o amaciamento de tecidos vegetais, facilitando o envase, e remove o ar dos espaços intercelulares, no caso de vegetais enlatados¹¹.

Segundo Damodaran *et al.*²¹ o branqueamento pode ser realizado em água quente, vapor de água, ar quente ou por micro-ondas, sendo que em água quente podem ocorrer perdas consideráveis de vitaminas hidrossolúveis por lixiviação.

Durante o branqueamento são perdidos alguns minerais, vitaminas e outros componentes hidrossolúveis. Perdas de vitaminas são devidas, principalmente, à lixiviação, à destruição térmica e, em menor grau, à oxidação. As perdas de ácido ascórbico são utilizadas como indicador de qualidade do alimento e, portanto, da severidade do branqueamento²².

Os folatos, vitaminas do complexo B, como as outras vitaminas hidrossolúveis e minerais, estão sujeitos a lixiviação pela água de cozimento, além da própria degradação química. Altas perdas de folatos têm sido relatadas em vegetais cozidos, sendo a maior porcentagem devida ao processo de lixiviação. Diferenças nos teores de folatos foram apresentadas em diferentes trabalhos, para brócolis, espinafre e tomate. Em vegetais cozidos, somada à quantidade de vitamina na água é equivalente ao teor no vegetal cru²³. Klein *et al.*²⁴ determinaram que o cozimento de espinafre em água acarretaria em 77% de perda da vitamina, já Chen e Cooper²⁵ encontraram o valor de 33% de perda após cozimento a 100°C por 3 minutos para o mesmo alimento.

Quanto ao processamento industrial, sabe-se que esse procedimento deve atender às melhores condições

microbiológicas, minimizando a destruição de nutrientes e mudanças sensoriais. No caso especial da fabricação de alimentos enlatados, processos de lavagem e branqueamento estão envolvidos e os teores de folatos são diferentes quando comparados ao alimento cru, devido, principalmente, aos processos de lixiviação²⁰. No processo de fabricação de sucos, Hawkes e Villota²⁶ relataram em seu trabalho uma perda de 70% de folatos no suco de tomate, conflitando com outros estudos sobre tomates processados, que comprovam que a estabilidade dos folatos é mais alta devido à presença de vitamina C.

As perdas das vitaminas hidrossolúveis ocorrem principalmente devido ao arraste de vitaminas por processos como lavagem, cozimento em água e branqueamento, porém muitas destas vitaminas transferidas para a água de cozimento poderiam ser reaproveitadas na formulação de algum outro tipo de alimento, para reduzir desperdícios e incrementar o teor vitamínico do produto processado.

O branqueamento também é empregado no processo de apertização ou esterilização comercial. O branqueamento, cozimento, pasteurização, esterilização, desidratação e congelamento podem levar à oxidação química e/ou degradação térmica da vitamina C. Além disso, a vitamina C pode ser degradada pela presença de catalisadores metálicos, alcalinidade, danos físicos e baixa umidade relativa. Uma causa adicional da diminuição do ácido ascórbico é sua degradação durante a reação de Maillard²⁷, uma vez que o tratamento térmico causa a desnaturação de proteínas, aumentando a natureza hidrofóbica da superfície e formando produtos da reação de Maillard.

No artigo de revisão feito por Davídek *et al.*²⁸ foram analisadas as perdas de vitamina C durante o branqueamento de vários tipos de vegetais. As perdas de ácido ascórbico provenientes da oxidação e extração (lixiviação) variaram entre 13 e 50%, sendo mais expressivas no espinafre. A oxidação ocorreu nos primeiros segundos do branqueamento, antes da enzima ascorbato oxidase ser inativada. Após a inativação das oxidorredutases, as perdas de ácido ascórbico ocorreram por lixiviação. Em geral, o branqueamento em água foi o que provocou maiores perdas, exceto para aspargo que apresentou 15% de perdas tanto no branqueamento em água, quanto no branqueamento a vapor.

Kmiecik e Lisiewska²⁹ observaram que o branqueamento reduziu em 29% o nível de vitamina C em folhas de cebolinha. Da mesma forma, Lisiewska e Kmiecik³⁰ relataram perdas de 47-51% de vitamina C em folhas de salsa afetadas por branqueamento. Eles também³¹ citaram perdas de vitamina C em brócolis (41-42%) e em couve-flor (28-32%); essas perdas ocorreram durante o branqueamento. Howard *et al.*³² também observaram a perda de AA no brócolis e feijão verde branqueados.

Foram analisados três diferentes binômios tempo-temperatura (80 °C/30 min; 90 °C/20 min e 100 °C/10 min)

no branqueamento de soja e observou-se que as perdas das vitaminas B1, B2 e C foram mínimas, a 100 °C/10 min. Esses resultados indicam que o branqueamento em altas temperaturas, por curto período de tempo, é benéfico para a retenção de nutrientes³³. Segundo Cruz *et al.*³⁴ em estudos sobre o efeito do calor e do tratamento térmico combinado de ultra-som na cinética de degradação térmica da vitamina C no agrião (*Nasturtium officinale*), na faixa de temperatura de 82,5-92,5 °C obteve um processo com menores perdas de vitamina C devido ao pré-tratamento (branqueamento) permitindo a preservação deste composto.

2.2.2 Pasteurização

É um tratamento térmico relativamente suave (temperaturas inferiores a 100 °C) que promove o prolongamento da vida útil dos alimentos durante vários dias ou meses. A temperatura de pasteurização e o tempo de duração utilizados dependem da carga de contaminação do produto e das condições de transferência de calor. O tratamento térmico pode ser feito de duas formas: pasteurização lenta – LTLT (62-65 °C / 30 min) e pasteurização rápida – HTST (72-75 °C / 15-20 s)³⁵.

Em sucos de frutas, as perdas de vitamina C e caroteno são minimizadas pela desaeração. Segundo Souza *et al.*³⁶, a estabilidade da vitamina C em sucos de frutas pasteurizados independe do tipo de embalagem utilizada para seu armazenamento, porém a temperatura inadequada de armazenamento e o tempo são fatores que contribuem negativamente na manutenção dos níveis de concentração iniciais de ácido ascórbico das amostras. Porém no caso de embalagens metálicas, estas devem estar em adequado estado de conservação, livre de amassaduras para evitar migração de metais para o alimento que possam agir como catalisadores de degradação. Em estudo realizado por Fernandes *et al.*²⁷ com suco de goiaba, apesar das perdas de nutrientes durante o processamento, o suco apresentou teor de vitamina C de 43,46 mg/100 mL após a pasteurização. Uma redução de 12% foi observada após a pasteurização do suco, podendo ser explicada pela instabilidade térmica da vitamina C.

Achinewhu e Hart³⁷ estudando o efeito do processamento sobre o conteúdo de vitamina C em suco de abacaxi com quatro cultivares diferentes, encontraram teores entre 22,5 e 33,5 mg/100g. O suco de abacaxi pasteurizado apresentou redução do teor em vitamina C entre 28-46 %.

Oseredczuk *et al.*³⁸ descobriram que tanto a marinação como a pasteurização do peixe são os processos mais prejudiciais para tiamina. A alta sensibilidade desta vitamina ao calor provoca perdas durante a pasteurização³⁹.

Em relação ao processamento do leite, foram encontrados na literatura apenas estudos que analisaram as perdas de vitaminas hidrossolúveis. Alterações no leite limitam-se à perda de 5% das proteínas do soro e pequenas mudanças nas vitaminas²².

Avaliou-se a resistência de folatos em leite submetido a

processos de esterilização e pasteurização, concluindo que ambos os processos eram responsáveis por perdas da vitamina, inferiores a 20%⁴⁰.

Rodrigues *et al.*⁴¹ utilizando medidas de controle nutricional (procedimentos adotados para evitar ou reduzir as perdas que comprometem a qualidade nutricional dos alimentos) em diferentes legumes observou que os legumes mostraram maior retenção de vitamina após adoção de tais medidas. As perdas foram reduzidas em aproximadamente 88%, 49% e 45% para couve, alface e chicória, respectivamente, e aproximadamente 30% para couve-flor.

Os efeitos da cocção (98 °C por 30 min) no conteúdo de carotenóides em mandioca foram estudados por Penteado e Almeida⁴². A atividade da provitamina A foi expressa como equivalente de retinol/100g variou de 2,8 a 13,9 para matéria prima crua e 4,9 a 10,7 para amostras cozidas a 98 °C por 30 min. O cozimento decresceu a atividade da provitamina A por 20-55%.

Nenhuma perda de vitamina D foi observada durante a pasteurização e esterilização de leite ou durante a produção do leite em pó²⁸. Além disso, exposição ao ar não afetou a estabilidade da vitamina D no leite, mas alguma perda ocorreu quando o leite foi exposto a luz⁴³.

Pode-se afirmar que a vitamina D é relativamente estável, embora os estudos analisados não dêem relação adequada entre os métodos de cocção utilizados e a fase correta da retenção. No entanto, teor de gordura é provavelmente o fator crucial que afeta a retenção durante o tratamento térmico.

Em estudos realizados por Silva e Almeida⁴⁴, não foram observadas perdas no conteúdo de vitamina B12 no leite após o processo de pasteurização e esterilização UHT, mesmo quando o leite esterilizado foi armazenado por três meses. A vitamina B12 é moderadamente instável à exposição à luz, calor e a perdas por lixiviação. Entretanto, é considerada estável após processo de esterilização UHT, porém perdas insignificantes podem ocorrer à medida que o produto for exposto à luz.

Considerando que o leite e seus derivados são boas fontes de vitamina B12, Arkbage *et al.*⁴⁵ avaliaram a retenção dessa vitamina em seis produtos lácteos fermentados (duas marcas de leite fermentado, uma marca de queijo *Cottage*, duas marcas de queijo curado, uma marca de queijo gorgonzola), um leite controle (pasteurizado) e um material de referência (CRM 421). No leite fermentado, a concentração de vitamina B12 reduziu em torno de 40 a 60%, quando comparado ao leite pasteurizado, durante a estocagem a 4 °C por 14 dias, sendo essa perda atribuída ao consumo da vitamina pela cultura de bactérias fermentadoras.

Em outro estudo abordado, verificou-se que em leite pasteurizado a 75 °C/16s, o conteúdo dessa vitamina diminuiu 18,5%. Com relação ao teor de vitamina B2, também em leite pasteurizado, este se apresentou relativamente estável, sendo observadas pequenas perdas²⁸.

Analisando o efeito do tratamento térmico sobre o teor de vitamina C e riboflavina em leite de camela, observou-se perda de 27% de vitamina C, quando o leite foi submetido à pasteurização lenta (63 °C / 30 min). Já quando o processo de pasteurização rápida (73 °C / 15 s) foi utilizado, as perdas foram de 15%⁴⁶.

O efeito da pasteurização sobre o conteúdo de vitaminas do leite humano foi avaliado em diferentes métodos de pasteurização (62,5 °C / 30 minutos - processo LTLT e 100 °C / 5 minutos - processo HTST) sobre a composição de vitamina C total e isômeros da vitamina E (α - e γ -tocoferol). Os dois tratamentos térmicos resultaram em perdas de vitamina C de 12% (LTLT) e 29% (HTST), sendo o mesmo comportamento verificado quanto à degradação dos tocoferóis, que variou de 13 a 17% (LTLT) e 32 a 34% (HTST)⁴⁷.

Ácido pantotênico é a vitamina mais estável durante processamento térmico em níveis de pH entre 5 a 7. Grandes perdas podem ocorrer por lixiviação na água de cozimento durante a preparação de vegetais, sendo que a retenção de vitaminas em legumes depende do tempo de imersão. Durante a conservação de frutas e legumes, retenção de 70% é comum e para os sucos, as perdas ocorrem por lixiviação⁵⁰. No leite, o ácido pantotênico é estável durante a pasteurização, uma vez que o pH normal do leite está na faixa de estabilidade ótima de pH deste composto⁴⁸. Veli'sek⁴⁹ relataram a retenção de 85-90% de biotina durante a pasteurização do leite, enquanto que, em produtos derivados de cereais, as perdas são mínimas durante o cozimento.

Avaliando o efeito do processamento no suco de caju, Sancho⁵¹ observou valores de 135,63b \pm 10,83 mg do ácido ascórbico após o processo de pasteurização. O ácido ascórbico (vitamina C) apresentou diferença significativa entre as etapas de formulação e homogeneização e entre as etapas de formulação e pasteurização. Em termos percentuais, observou-se que entre o início da formulação e o final da pasteurização, a perda alcançou 8,09%.

Maia *et al.*⁵², analisando suco de acerola, verificaram teor médio de 573,7 mg de ácido ascórbico por 100 g de suco pasteurizado. Observou-se diminuição de 3,38% no conteúdo de vitamina C do suco formulado após a pasteurização.

O conteúdo de ácido ascórbico de suco de laranja antes e após a pasteurização foi investigado por LoScalzo *et al.*⁵³. O teor de ácido ascórbico no suco de laranja fresco foi de 44,27 mg / 100mL e, após pasteurização, 42,69 mg / 100 mL, tendo sido retido 96% do conteúdo inicial.

2.2.3 Esterilização

Este processo consiste em uma operação unitária, na qual os alimentos são aquecidos a temperatura suficientemente elevada durante minutos ou segundos, visando à destruição total de microrganismos e inativação de enzimas capazes de deteriorar o produto durante o armazenamento⁵⁴.

As perdas de vitaminas são principalmente relacionadas

com a tiamina (50 a 75%) e o ácido pantotênico (20 a 35%). Perdas significativas podem ocorrer com todas as vitaminas hidrossolúveis de frutas e hortaliças enlatadas, em particular, o ácido ascórbico. No entanto, ocorrem grandes variações devido a diferenças nos tipos de alimentos, à presença de oxigênio residual na embalagem e a métodos de preparação (descascamento e corte) ou branqueamento. Em alguns alimentos, as vitaminas são transferidas para a salmoura ou calda, que também são consumidas. Assim ocorre menor perda nutricional²².

Gorner e Uherova⁵⁵ observaram que ultra-alta temperatura de esterilização e armazenamento de 6 semanas, em temperatura ambiente causou perda de 10% da tiamina no leite.

Em estudo realizado com objetivo de avaliar as possíveis perdas de ácido fólico durante o processamento industrial e a vida de prateleira de amostras de leite enriquecido, foram observadas perdas tanto nas etapas de adição e homogeneização da vitamina, quanto após o tratamento térmico. Nesse mesmo estudo, o simples aquecimento do leite até a fervura simulando um processo domiciliar não promoveu a perda de ácido fólico, que, em média, foi inferior a 1%. Essa observação indica que apesar dessa vitamina ser considerada instável a altas temperaturas, o aquecimento doméstico não acarretou em degradação da vitamina¹.

Observaram-se elevadas perdas de cobalamina (vitamina B12), na faixa de 66,6 a 71,0%, durante a esterilização de carne de porco (bife). No leite, esterilizado a 120 °C / 13 min, foram observadas perdas desta vitamina que variaram de 77 a 95%. Ainda neste trabalho, o conteúdo de niacina apresentou retenção de 96% em leite UHT. Relatou-se também que a vitamina B6 em leite é relativamente estável ao processo de pasteurização lenta (LTLT), esterilização UHT e pasteurização rápida (HTST). Em creme de leite UHT, observou-se que o conteúdo de piridoxina foi de 73% do conteúdo original dessa vitamina em leite cru. Os autores relataram que, durante esterilização de leite em garrafa, a forma piridoxal da vitamina B6 é convertida em piridoxamina que, durante o período de estocagem, pode complexar com a cisteína formando um composto de baixa atividade biológica²⁸.

Foram analisados os dados referentes à estabilidade do ácido fólico em leites enriquecidos em temperaturas de esterilização que foram ligeiramente diferentes para cada um dos quatro testes: 141,0, 140,5, 140,2, 140,3 °C, durante 4 segundos para todos os ensaios. A perda ocorrida durante processo foi, em média, de 10%. O teor de ácido fólico foi analisado antes e depois do processo UHT (140 °C/4s)¹.

O suco de laranja integral estocado em embalagem longa vida por 10 dias foi avaliado quanto às perdas de ácido ascórbico sob a influência da temperatura de estocagem. No suco estocado sob refrigeração, houve perda de 8,8% de ácido ascórbico, e o suco estocado à temperatura ambiente apresentou perda de 12,5%⁵⁶.

3 Conclusão

A estabilidade das vitaminas varia entre os níveis estável, como no caso da niacina biotina ou instável como no caso da vitamina C. No entanto, informações sobre algumas vitaminas, especialmente vitamina D e vitamina K ainda são incompletas.

As pesquisas envolvendo vitaminas estão direcionadas, em maior parte, aos aspectos médicos e nutricionais, e muito pouco se encontra na literatura sobre as perdas ocorridas durante o processamento dos alimentos.

Deve-se entender que o aspecto nutricional, e não apenas o microbiológico e o sensorial, sejam considerados para o estabelecimento da vida de prateleira dos alimentos em geral.

Para evitar grandes perdas de vitaminas dos vegetais, alguns cuidados na hora do preparo podem ser tomados, como evitar de deixá-los em água fervente, mas cozinhá-los no vapor, no micro-ondas ou refogá-los rapidamente para diminuir o tempo de contato em que ficam expostos ao calor.

Tendo em vista que as perdas de vitamina C são indicadores de perda de outras vitaminas, alguns procedimentos podem ser eficazes em minimizar as perdas deste nutrientes em alimentos tais como: armazenamento por períodos menores e sob refrigeração, fatiamento de legumes próximos do período de consumo, utilização de boas práticas de fabricação na manipulação dos alimentos, controle do tempo e temperatura de cozimento dos alimentos, preparação dos alimentos próximo do período de distribuição de refeições.

Referências

1. Lima-Pallone JA, Catharino RR, Godoy HT. Avaliação do comportamento do ácido fólico no processamento de leites enriquecidos. *Braz J Food Technol* 2006;9(1):57-62.
2. Correia LF, Faraoni AS, Pinheiro-Sant'ana HM. Effects of industrial foods processing on vitamins stability. *Alim Nutr* 2008;9(1):83-95.
3. Martins MC, Oliveira YP, Coitinho DC, Santos LM. Panorama das ações de controle da deficiência de vitamina A no Brasil. *Rev Nutr* 2007;20(1):5-18.
4. Stedman TL. Dicionário médico. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.
5. Agostini-Costa TS, Abreu LN, Rossetti AG. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. *Rev Bras Frut* 2003;25(1):60-6.
6. Universidade Federal do Paraná. Determinação de ácido ascórbico em produtos alimentícios. [acesso em 30 mai 2010]. Disponível em <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/pdf/experimento3.pdf>.
7. Teixeira M, Monteiro M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. *Alim Nutr* 2006;17(2):219-27.
8. Zaroni B, Peri C, Nani R, Lavelli V. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Res Int* 1999;3(5):395-401.
9. Rojas AM, Gerschenson LN. Ascorbic acid destruction in aqueous model systems: an additional discussion. *J Sci Food Agric* 2001;81(15):1433-9.
10. Özkan M, Kirca A, Cemeroglu B. Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. *Food Chem* 2004;88(4):591-7.

11. Azeredo HM. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; 2004.
12. Eles-Martínez P, Martín-Belloso O. Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. *Food Chem* 2007;102(1):201-9.
13. Butz P, Tauscher B. Emerging technologies: chemical aspects. *Food Res Int* 2002;35(2):279-84.
14. Abranche MV, Della-Lucia CM, Satori MA, Pinheiro-Sant'ana HM. Perdas de vitaminas em leite e produtos lácteos e possíveis medidas de controle. *Alim Nutr* 2008;19(2):207-17.
15. Correia LF, Faraoni AS, Pinheiro-Sant'ana HM. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. *Alim Nutr* 2008;19(1):83-95.
16. Fennema OR. Química de los alimentos. Zaragoza: Acirbia; 1993.
17. Eitenmiller RR, Laden WO. Vitamin A and b-carotene. In: Eitenmiller, RR, Laden, WO. Vitamin analysis for the health and food science. Boca Raton: CRC; 1999. p.15-9.
18. Britton G. Carotenoids. In: Hendry GF. Natural foods colorants. New York: G.F. Blackie; 1992. p.197-224.
19. Ottaway PB. The stability of vitamins during food processing: vitamin K. In: Henry CJK, Chapman C. The nutrition handbook for food processors. Boca Raton: CRC Press; 2002. p.247-64.
20. Prochaska LJ, Nguyen XT, Donat N, Piekutowski WV. Effects of food processing on the thermodynamic and nutritive value of foods: literature and database survey. *Med Hypoth* 2000;54(2):254-62.
21. Damodaran S, Parkin KL, Fennema, OR. Química de alimentos de Fennema. Porto Alegre: Artemed; 2010.
22. Fellows PJ. Tecnologia do processamento dos alimentos: princípios e práticas São Paulo: Artmed; 2006.
23. Scott J, Rébeille F, Fletcher J. Review: folic acid and folates: the feasibility for nutritional enhancement in plant foods. *J Sci Food Agric* 2000;80(7):795-824.
24. Klein BP, Lee HC, Reynolds PA, Wangles NC. Folic acid content in microwave and conventionally cooked spinach. *J Food Sci* 1979;46(2):286-92.
25. Chen TS, Cooper RG. Thermal destruction of folic acid: effect of ascorbic acid, oxygen and temperature. *J Food Sci* 1979;44(3):713-6.
26. Hawkes JG, Villota TH. Folic acid in foods: Reactivity, Stability during processing and nutritional implications. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1989;28(6):439-538.
27. Fernandes AG, Maia GA, Sousa PH, Costa JM, Figueiredo RW, Prado GM. Comparação dos teores em vitamina C, carotenóides totais, antocianinas totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. *Alim Nutr* 2007;18(4):431-8.
28. Davídek J, Velíšek J, Pokorný J. Chemical change during food processing. Amsterdam: Elsevier Science; 1990.
29. Kmiecik W, Lisiewska Z. Effect of pre treatment and conditions and period of storage on some quality indices of frozen chive (*Allium schoenoprasum L.*). *Food Chem* 1999;67(1):61-6.
30. Lisiewska Z, Kmiecik W. Effect of freezing and storage on quality factors in Hamburg and leafy parsley. *Food Chem* 1997;60(4):633-7.
31. Lisiewska Z, Kmiecik W. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chem* 1996;57(2):267-70.
32. Howard LA, Wong AD, Perry AK, Klein BP. β -Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *J Food Sci* 1999;64(5):929-36.
33. Jae-Yeun S, Gil-Hwan A, Chul-Jai K. Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [*Glycine max (L.) Merrill*] as affected by blanching. *Food Chem* 2003;83(1):69-74.
34. Cruz RM, Vieira MC, Silva CL. Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 2008;9(4):483-8.
35. Evangelista J. Tecnologia de alimentos. São Paulo: Atheneu; 2001.
36. Souza DR, Bruniera LB, Santos SP. Estabilidade do ácido ascórbico em sucos cítricos industrializados, armazenados sob condições simuladas de consumo doméstico. *Terra e Cultura* 2009;48/49(1):26-35.
37. Achinewhu SC, Hart AD. Effect of processing and storage on the ascorbic acid (vitamin C) content of some pineapple varieties grown in the Rivers State of Nigeria. *Plant Food Hum Nutr* 1994;46(4):335-7.
38. Oseredczuk M, Du Chaffaut L, Ireland J, Collet-Ribbing Ch. Effect of preservation and transformation processes on the composition of fishes. In: Fifth International Food Data Conference, 2003. Washington, DC; 2003.
39. Belliot JP. In Les Vitamines dans les Industries Agroalimentaires. *Tec Doc Lavoisier* 2003;289-332.
40. Favier JC, Christides JP, Poiter CG, Léger JJ. Folic acid content of foods. III. Folic acid content of different categories of milk. *Sci Alim* 1987;7(1):23-40.
41. Rodrigues CM, Della Lucia CM, Azeredo RM, Cota AM, Santana AM, Pinheiro-Sant'Ana HM. Control of vitamin C losses in vegetables prepared at a food service. *Food Control* 2010;21(3):264-71.
42. Penteado MVC, De Almeida LB. Occurrence of carotenoids in roots of five cassava (*Manihotesculenta Crantz*) cultivars of Sao Paulo State. *Rev Farm Bioquim Univ São Paulo* 1988;24(1):39-49.
43. Renken SA, Warthesen JJ. Vitamin D stability in milk. *J Food Sci* 1993;58:552-6.
44. Silva PH, Almeida, MC. Estabilidade térmica do leite. In: Anais do Congresso Nacional de Laticínios; 2000. Juiz de Fora, Brasil, Juiz de Fora: EPAMIG – Centro Tecnológico – ILTC; 2000. p. 65-70.
45. Arkbage K, Witthöft C, Fondén R, Jägerstad M. Retention of vitamin B12 during manufacture of six fermented dairy products using a validated radio protein-binding assay. *Int Dairy J* 2003;13:101-9.
46. Mehaia, MA. Vitamin C and riboflavin content in camels milk: effects of heat treatments. *Food Chem* 1994;50:153-5.
47. Romeu-Nadal M, Castellote AI, LópezSabater, MC. Effect of cold storage on vitamins C and E and fatty acids in human milk. *Food Chem* 2008;106:65-70.
48. Fox HM. Pantothenic acid. In: Machlin LJ. Handbook of vitamins. New York: Marcel Dekker; 1991.
49. Velíšek J. *Chemiepotravin 2*. Tabor: OSSIS; 1999.

50. Lešková E, Kubíková J, Kováčiková E, Košická M, Porubská J, Holčíková K. Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *J Food Compos Anal* 2006;19:252-76
51. Sancho SO. Efeito do processamento sobre características de qualidade do suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). Dissertação. [Mestrado em Tecnologia de Alimentos] - Universidade Federal do Ceará; 2006.
52. Maia GA, Sousa PH, Santos MS, Silva DS, Fernandes AG, Prado GM. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. *Ciênc Tecnol Aliment* 2007;27(1):130-4.
53. Loscalzo R, Iannocari T, Summa C, Morelli R, Rapisarda P. Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chem* 2004;85:41-7.
54. Fellows P. Esterilização pelo calor. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*. Porto Alegre: Artmed; 2006.
55. Görner F, Uherová R. Vitamin changes in ultra high-temperature sterilized milk during storage. *Nahrung* 1980;24(4/5)373-9.
56. Kabasakalis V, Siopidou D, Moshatou E. Ascorbic acid content of commercial fruit juice and its rate of loss upon storage. *Food Chem* 2000;70:325-8.