



# ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS: UM ENFOQUE PARA O PROCESSAMENTO DE SUCOS

## HIGH HYDROSTATIC PRESSURE IN FOOD PRESERVATION: AN APPROACH TO THE PROCESSING OF JUICE

F. M. Rodrigues<sup>1\*</sup>; L. G. S. M. Rodrigues<sup>2</sup>, C. R. B. Mendonça<sup>3</sup>, E. M. Oliveira<sup>4</sup> e V. H. G. Sales<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – (UFRRJ). Cx. Postal 74515, 23.897-970. Seropédica-RJ, Professor do Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Brasil.

<sup>2</sup> Doutoranda pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Professora do Instituto Federal do Tocantins - IFTO. e-mail [lilianegarcia@ifto.edu.br](mailto:lilianegarcia@ifto.edu.br)

<sup>3</sup> Doutora em Química, Professora Adjunta do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas (UFPeL). Campus Universitário, 96.010-900 Cx. Postal 354. Pelotas-RS, Brasil. e-mail [carlaufpel@hotmail.com](mailto:carlaufpel@hotmail.com)

<sup>4</sup> Mestranda em Biotecnologia pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Gurupi, Brasil. e-mail [elisaengal@hotmail.com](mailto:elisaengal@hotmail.com)

<sup>5</sup> Mestre em Agroenergia. Professor do Instituto Federal do Amapá (Ifap). Rodovia BR 210, km 03, s/n – Bairro Brasil Novo, 68.909-398, Campus Macapá. Macapá-AP, Brasil. Email: [victor.sales@ifap.edu.br](mailto:victor.sales@ifap.edu.br)

\*Autor para correspondência: [fernandomorais@ifto.edu.br](mailto:fernandomorais@ifto.edu.br)

### INF. REVISÃO

Convite: 20 Mai 2014

Recebido em: 16 Ago 2014

Publicado em: 03 Out 2014

#### Document Object Identifier

10.18067/jbfs.v1i2.7

Editor: V. H. G. Sales

[jbfs@ifap.edu.br](mailto:jbfs@ifap.edu.br)

ID JBFS0072014

Prot. 0072014ED01

Copyright: © 2014

JBFS all rights (BY NC SA)

### RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de fruta do mundo e o consumo destas na forma de suco tem apresentado crescente aumento. Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a alimentação saudável e o suco de fruta pode ser um grande aliado para uma dieta com esta característica. Com o intuito de satisfazer às expectativas das pessoas, cada vez mais exigentes com relação à qualidade dos produtos que adquirem, novas tecnologias não térmicas têm sido desenvolvidas, como é o caso da Alta Pressão Hidrostática (APH). Este trabalho consistiu numa revisão bibliográfica sobre o uso de processo não térmico de alta pressão hidrostática, focando sua aplicação no processamento de sucos. Constatou-se que a APH se trata de uma tecnologia promissora, especialmente, por mostrar-se eficiente na conservação e manutenção das características sensoriais e nutricionais do produto. Os investimentos e custos operacionais associados a essa tecnologia são os maiores responsáveis pela limitação de seu emprego, porém, o desenvolvimento tecnológico e o incentivo de consumidores dispostos a adquirir produtos de maior qualidade apontam para sua maior aplicação.

**Palavras-chave:** *Conservação de alimentos, processo não térmico, tecnologia não convencional, métodos isostáticos.*

**Abstract** - Brazil is a major producer of fruit in the world and the consumption of these in the form of juice has shown increasing. Consumers are increasingly concerned about healthy eating and fruit juice can be a great ally for a diet with this characteristic. In order to meet the expectations of consumers, more demanding regarding the quality of the products they purchase, non-thermal technologies have been developed, such as the High Hydrostatic Pressure (APH). This work consisted of a literature review on the use of innovative technology to high hydrostatic pressure, focusing on its application in juice processing. It was found that APH has proved a promising technology, especially because it appears effective in the conservation and maintenance of sensory and nutritional characteristics of the product. The investment and operating costs associated with this technology are the most responsible for limiting its use, however, technological development and encouragement of consumers willing to purchase higher quality products point to its main application.

**Index terms:** Food preservation; non-thermal process; unconventional technology; isostatic methods.

#### Como referenciar esse documento (ABNT):

RODRIGUES, F. M.; RODRIGUES, L. G. S. M.; GOI, S. R.; MENDONÇA, C. R. B.; OLIVEIRA, E. M.; SALES, V. H. G. S. Altas pressões hidrostática na conservação de alimentos: um enfoque para o processamento de sucos. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.1, n. 2, p.32-40, jul. / set. 2014.

## INTRODUÇÃO

Apreciados em todo o mundo, e mundialmente consumidos, sucos de frutas fazem sucesso não só pelo seu sabor, mas, também, por serem fontes naturais de carboidratos, carotenóides, vitaminas, minerais e outros componentes importantes à dieta humana (BERTO, 2003; PINHEIRO et al., 2006; SEERAM et al, 2008; SHINAGAWA et al., 2013).

Associado à produção de suco está o tratamento térmico, como meio de estender o tempo de vida útil do produto. Entretanto, o calor deprecia a qualidade do suco (degradação de pigmentos, especialmente carotenóides e antocianinas, reações de escurecimento (Maillard), escurecimento enzimático e oxidação de ácido ascórbico), comprometendo suas propriedades funcionais (IBARZ et al., 1999; SUH et al., 2003), nutricionais e sensoriais (CAO et al., 2012; LEE & COATES, 2003; PATRAS et al., 2011; RATTANATHANALERK et al., 2005).

Neste sentido, há uma crescente demanda de consumidores por produtos alimentares frescos, impulsionando o surgimento de tecnologias não convencionais na produção de alimentos seguros (TRUJILLO et al., 2002), com o mínimo de perda nutricional e sensorial, mantendo-se os mais próximos do produto *in natura* e com uma maior estabilidade na sua vida de prateleira (BUTZ et al., 2003; MONTEIRO, 2006).

Dessa maneira, tratamentos como, pulsos elétricos, aquecimento ôhmico, irradiação, engenharia genética, biotecnologia e alta pressão, entre outros vêm sendo estudados como alternativas na melhor preservação da qualidade dos produtos frescos (MARX et al., 2011; ZHANG et al., 2011; CAMPOS et al., 2003; COSTA et al., 1999; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 1999).

Com o intuito de satisfazer às expectativas dos consumidores, cada vez mais exigentes com relação à qualidade dos produtos que adquirem, novas tecnologias não térmicas têm sido desenvolvidas, como é o caso da Alta Pressão Hidrostática (APH) (MARX et al, 2011; ZHANG et al., 2011), processo não-térmico, capaz de inativar microrganismos patogênicos e deteriorantes nos alimentos, assim como ativar e inativar enzimas (KNORR, 1993; GOULD, 2000). Como alternativa ao processamento convencional de alimentos (processamento térmico), a APH tem sido sugerida

como uma tecnologia efetiva para ser empregada na pasteurização de sucos.

A técnica de APH consiste em submeter alimentos líquidos ou sólidos a pressões entre 100 MPa e 1000 MPa (1 Mpa = 9,869 atm = 10 bar) (Oey et al., 2008), associada ou não a certa elevação da temperatura, podendo o alimento estar ou não embalado (FDA, 2000; YUSTE et al., 2001).

Visando determinar os parâmetros ideais de processo para as diferentes matrizes que compõem os alimentos, tais como, sucos de frutas (RODRIGO et al, 2007; ZIMMERMAN & BERGMAN, 1993), diversos estudos têm avaliado o uso da alta pressão hidrostática como substituto (parcial ou total) ao processamento térmico convencional. Por exemplo, suco de maçã (BARON et al., 2006; DONSI et al., 2009; PATHANIBUL et al., 2009; VALDRAMIDIS et al., 2009), polpa de manga (TRIBST et al., 2011; AHMED et al., 2005), suco de laranja (KATSAROS et al., 2010), suco de morango (CAO et al, 2011), açaí (ALIBERTI, 2009), suco de tomate (CORBO et al, 2010) e damasco (PATRIGNANI, 2009; 2010).

Esta revisão teve por objetivo abordar os princípios da alta pressão hidrostática e, entre outros aspectos, seu efeito sobre os microrganismos e sua aplicação para o processamento de sucos.

### *Cenário do mercado de sucos*

Na esfera global, o setor de bebidas mostra constante ascensão e o consenso entre especialistas é a tendência de aumento no consumo das bebidas não alcoólicas (ESPERANCINI, 2005; BERTO, 2003). Neste mercado estão incluídas as bebidas como refrigerantes, sucos, chás, energéticos e água mineral engarrafada (BOLETIM NEIT, 2004). As bebidas à base de frutas, como sucos e néctares, nas suas mais diversas formas de apresentação (Queiroz & Menezes 2005; Berto, 2003), são as que mais têm se destacado dentro desse segmento.

A grande diversidade de climas e solos existente no Brasil constitui excelente ambiente para a expansão da produção de frutas e hortaliças (VIANA et al., 2010). A Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas – ABIR fez um levantamento do consumo de sucos entre os anos de 2002 a 2009 e verificou que houve um crescimento de 21% durante o período, sendo que em 2009 foram comercializados 1413 milhões de litros a mais que 2002. Entre 2008

e 2009, o consumo total de suco de frutas cresceu 1,6 %, alcançando a marca de 8.133 milhões de litros de suco.

O destaque de 2009 foi novamente para o crescimento de sucos e néctares, com um acréscimo de quase 9 % em relação a 2008. Em 2011 no período de janeiro a maio foram consumidos 315,6 milhões de litros de suco. Já no mesmo período em 2012, foram consumidos aproximadamente 352,1 milhões de litros de sucos prontos para beber no Brasil, o que representou quase 12 % de aumento do consumo de suco em relação ao ano de 2011. O que acaba por confirmar o potencial do segmento, que durante os últimos anos vem registrando aumento do consumo no Brasil.

#### *Processamento por alta pressão hidrostática*

Os primeiros estudos sobre a inativação de micro-organismos por efeito da pressão foram realizados na França por Certes, em 1884, e nos EUA por Hite entre 1899 e 1914, que estudaram a resistência dos micro-organismos a altas pressões em alimentos (HOOVER, 1993). A partir dos primeiros trabalhos, estudos pontuais objetivando a aplicação da alta pressão em alimentos foram realizados, porém, devido ao avanço dos processos térmicos, a tecnologia ficou relegada a um segundo plano (JAY et al., 2005; PATTERSON, 2005; ROSENTHAL et al., 2008).

Somente a partir de 1990, com pesquisas realizadas no Japão, objetivando avaliação do potencial de aplicação comercial, a retomada dos estudos foi restabelecida em vários outros países, com destaque para os Estados Unidos e países europeus (CAMPOS et al., 2003). Tais pesquisas resultaram em grande avanço tecnológico, acarretando surgimento de diversos produtos comercializados em vários países (MERTENS & DEPLACE, 1993), por exemplo: geleia de frutas (primeiro produto pressurizado) no Japão, suco de laranja na França, guacamole no México e leite pasteurizado no mercado inglês (ADAMS & MOSS, 2000; CAMPOS et al., 2003; MERTENS & DEPLACE, 1993).

Por APH o processamento dos alimentos pode ser executado de duas formas: pasteurização do produto já dentro da embalagem final, ou homogeneização a alta pressão (HAP), no qual o produto é pasteurizado de forma contínua e depois assepticamente embalado (CAMPOS et al., 2003; MERMELSTEIN, 1999). No método de alta pressão hidrostática, o produto é submetido a uma pressão

muito alta (100 a 1000) MPa, dentro de um vaso pressurizado, por determinado tempo e temperatura, causando a destruição microbiológica e podendo haver inativação parcial enzimática (BALA et al., 2008; CAMPOS et al., 2003). Ligações covalentes não são rompidas a determinadas faixas de pressões, mantendo assim, atributos dos alimentos como cor, aroma e sabor, inalterados (FARKAS & HOOVER, 2000; BARBOSA-CÁNOVAS & RODRÍGUEZ, 2002).

À temperatura ambiente, pressões na faixa de 200 a 600 MPa são suficientes para reduzir o número de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, além de possibilitar a inativação de enzimas envolvidas na deterioração dos alimentos, com isso, propiciando ao produto a manutenção de seu frescor, juntamente com as demais características sensoriais e nutricionais (HEIJL et al., 2006).

#### *Princípios da alta pressão hidrostática*

O método de APH fundamenta-se em dois princípios, a saber: o primeiro trata-se do Princípio de *Lê Chatelier* em que qualquer aumento da pressão, está associado à redução de volume e vice-versa (CHEFTEL, 1995; EARNSHAW, 1996; CAMPOS, 2004). O segundo baseia-se no “Princípio Isostático”, segundo o qual a pressão é transmitida ao alimento quase que instantaneamente e uniformemente por todo o alimento, independente da forma, tamanho e composição (BALA et al., 2008; CAMPOS, 2004; OEY et al., 2008; RASO et al., 1998; SMELT, 1998; FDA, 2000).

Como consequência da pressurização vale ressaltar que durante a compressão e descompressão do equipamento e alimento, há uma pequena variação da temperatura no interior do equipamento, proporcional a pressão utilizada (PFLANZER et al., 2008). Basicamente o equipamento de APH consiste de quatro componentes: recipiente de pressão, sistema gerador de pressão, dispositivo para controle da temperatura e sistema operacional (PFLANZER et al., 2008).

#### *Efeito da APH nos micro-organismos e enzimas*

Um dos efeitos diretos do tratamento por APH sob o micro-organismo, são as lesões celulares, destacando-se as modificações morfológicas da parede celular e membrana, alterações das funções bioquímicas e mecanismos genéticos (YUSTE et al., 2001). O alongamento celular e separação da parede celular da membrana citoplasmática

exemplificam as modificações morfológicas ocorrido a nível (MAÑAS & PAGAN, 2004). Alterações na conformação das estruturas secundária, terciária e quaternária de macromoléculas, como ácidos nucleicos, polissacarídeos e proteínas também são afetadas (YUSTE et al, 2001). Entretanto, estudos apontam que entre as principais causas da morte dos micro-organismos está a lesão na membrana citoplasmática (SMELT, 1998; YUSTE et al., 2001; MAÑAS & PAGAN, 2004). A coagulação das proteínas citoplasmáticas e a cristalização dos fosfolípidios também são relatadas (SMELT, 1998). De acordo com (CHEFTEL, 1992; MANAS & PAGAN, 2004), como consequência da pressurização, ocorre a desnaturação protéica, como exemplo a inativação de enzimas como ATPase, provocando com isso, alterações dos mecanismos genéticos. A resposta do micro-organismos frente à alta pressão hidrostática depende de alguns fatores, como, o tipo (bactérias, bolores, leveduras) e forma (eucariontes e procariontes) (SMELT, 1998; BALASUBRAMANIAM & FARKAS, 2008).

Quanto às enzimas, a resposta ao tratamento por APH depende de variáveis, como estruturas secundárias, terciárias e quaternárias (TEWARI et al., 1999). A inativação e ativação das enzimas depende da origem, pH, natureza do substrato, e condições operacionais (SAN MARTÍN et al., 2002; TEWARI et al., 1999). Entre as principais enzimas deteriorantes de frutas e hortaliças, estão a polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) (ROSENTHAL et al., 2002). A PPO e a POD são responsáveis pela transformação dos fenóis existentes nos vegetais em compostos que conferem coloração escura ao alimento, através de reações químicas como a hidroxilação e a oxidação de estruturas fenólicas (CHEFTEL, 1995). A inativação de enzimas é dependente da temperatura e tempo de processo (ROSENTHAL et al., 2002). A APH pode ser usada como alternativa às altas temperaturas para a inativação irreversível da PPO e POD (HENDRICKX et al., 1998). Rosenthal et al. (2002) em estudo com o extrato enzimático de PPO e POD, obtido a partir do abacaxi, avaliou a atividade destas enzimas frente às diferentes condições de tempo, temperatura e pressão. Os autores observaram que a inativação enzimática foi maior quando valores mais elevados dos parâmetros tempo (45 minutos), temperatura (60 °C) e pressão (600 MPa) foram utilizados. A máxima redução foi de 60,08 % para POD e 33,17 % para PPO. No entanto, os efeitos das

condições de processamento, tais como pressão, temperatura e tempo variam amplamente conforme tipo de enzima, a fonte de enzima (fruta e hortaliças), propriedades da matriz alimentar (pH e umidade) e tipo de matriz (fruta inteira, partes da fruta, purê ou suco) (MÚJICA-PAZ et al., 2011).

#### *Aplicações de altas pressões em sucos*

Pressões maiores que 400Mpa são utilizadas no processamento de sucos (HOOVER, 1993). Estudos de (LINTON et al., 1999; RAMASWAMY et al., 2003) eliminaram leveduras e fungos, prolongando o *shelf life* do produto para próximo de 30 dias. Dede et al. (2007) verificaram que o tratamento de alta pressão em suco de cenoura a 250 MPa durante 15 minutos e temperatura de 35 °C, reduziu a contagem total de aeróbio para um nível inferior ao limite de detecção, apesar de uma carga microbiana inicial de 5,5 log UFC ml<sup>-1</sup>.

Da mesma forma, Kim et al. (2001) não encontrou microrganismos após o tratamento de pressão em suco de cenoura a 300 MPa durante 10 minutos e 50°C. Em trabalho realizado por Bayindirli et al. (2006), foi verificada a completa inativação de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157:H7 e *Salmonella Enteritidis* em sucos de maçã, laranja, damasco e cereja quando tratados a 350 MPa a 40 °C por 5 minutos. Pressões na faixa de 100 a 600Mpa foram utilizadas em suco de tangeria (OGAWA et al. 1990) Os resultados desse trabalho mostraram que tratamentos a 350 MPa durante 30 minutos ou 400 MPa durante 4 minutos, à temperatura ambiente, permitiram a redução da carga microbiana em 5 unidades logarítmicas. Sucos de uva e laranja já vêm sendo processado em países da Europa, desde o ano de 1994. De acordo com (BASAK & RMASWAMY, 1996; CASTELLARI et al., 2000; GOODNER et al., 1998; GOODNER et al., 1999) é possível estabilizar produtos cítricos, como suco de frutas, concentrados e produtos a base de tomate, em pressões superiores a 300Mpa. O produto é estabilizado sem afetar suas características físico-químicas, funcionais e seu valor nutricional, especialmente os teores das vitaminas C e A. Dede et al (2007), constatou que a retenção de ácido ascórbico em suco de cenoura pressurizado, estocado a 4 e 25°C, foi significativamente mais elevada que em suco de cenoura tratado termicamente. Butz et al. (2003) mostrou que os carotenóides em suco de laranja e em uma

mistura de laranja, suco de cenoura e limão não foram afetadas pelo tratamento a alta pressão em condições operacionais de até 600 MPa por 6 min. Kim et al., (2001) demonstrou que o  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno permaneceram mais estáveis ao tratamento por alta pressão do que quando comparado ao tratamento térmico convencional.

Porém, para a inativação de enzimas resistentes à pressão, como as pectinolíticas e polifenoloxidasas é necessário um tratamento térmico moderado junto à alta pressão (FARR, 1990). Tratamentos com APH em produtos vegetais que apresentam pH relativamente elevado são problemáticos, devido possibilidade de sobrevivência e crescimento de esporos de micro-organismos patogênicos (TONELLO, 2011). No trabalho de (CRELIER et al., 1999) o efeito da pressão sob a textura a atividade enzimática em suco de tomate, mostrou que a viscosidade do

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tecnologias não convencionais de conservação de alimentos têm sido estudadas como alternativa ao tratamento térmico, especialmente para preservar a qualidade sensorial e nutricional dos produtos. Neste contexto, a alta pressão hidrostática vem se mostrando uma tecnologia promissora, especialmente na destruição de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, na ampliação da vida útil do produto, e manutenção das características sensoriais. Sua aplicação no processamento de

suco aumenta consideravelmente com a pressão e que as atividades das enzimas poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME) e peroxidase (POD) foram afetadas por pressões superiores a 500 MPa. Marcellini (2006) realizou trabalho com suco de abacaxi, aplicando APH à polpa da fruta, à 300 MPa durante 5 minutos a 25 °C, onde demonstrou-se ser eficaz para produção da polpa com vida útil de 14 dias, estando de acordo com os parâmetros (microbiológicos e sensoriais) determinados pela legislação brasileira. Goodner et al. (1999) estabilizaram suco de laranja, promovendo uma vida de prateleira de 90 dias, armazenado sob refrigeração, em condições de tratamento de 700MPa durante 1 minuto. Estudos realizados por Deliza et al. (2003), verificou que informar os consumidores sobre a utilização da APH no processamento de suco de abacaxi causou um impacto positivo na percepção do produto.

sucos tem mostrado ótimos resultados. Entretanto, essa ainda é uma tecnologia cara para ser implementado, fato este responsável pela limitação de seu emprego. Contudo, o desenvolvimento tecnológico tem permitido uma redução crescente dos investimentos e custos operacionais associados a ela. Nessa perspectiva, espera-se que venha ocorrer ampliação do mercado de produtos conservados por esse tratamento. Demandas por alimentos de maior qualidade podem incentivar sua aplicação, notadamente para produtos de maior valor agregado.

### REFERÊNCIAS

ABIR – **Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas**. Disponível em: <http://abir.org.br/tags/bebidas-nao-alcoolicas/>. Acesso: 15 de janeiro de 2014.

ADAMS, M.R.; MOSS, M.O. Fermented Microbial Foods. In: ADAMS, M.R.; MOSS, M.O. *Food Microbiology*. **Royal Society of Chemistry**, 2th ed., p.344-346, Reino Unido: University of Surrey, 2000.

AHMED, J.; RAMASWAMY, H. S.; HIREMATH, N. The effect of high pressure treatment on rheological characteristics and color of mango pulp. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 40, p. 885-895, 2005.

ALIBERTI, N. C. M. Influência da Homogeneização a Alta Pressão Sobre a Retenção de Antocianinas

Presentes na Polpa de Açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.). PhD Tesis, University of São Paulo, 2009.

BALA, B.; FARKAS, D.; TUREK, E. J. Preserving foods through high-pressure processing. **Food Technology**, v. 11, p. 32-38, 2008.

BALASUBRAMANIAM, V.M.; FARKAS, D. High-pressure Food Processing. **Food Science and Technology International**, Columbus, v. 14, p. 413-418, 2008.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; RODRÍGUEZ, J.J. Update on non thermal food processing technologies: pulsed electric field, high hydrostatic pressure, irradiation and ultrasound. **Food Australia**, v. 54, n.11, p. 513-520, 2002.

BARON, A.; DÉNES, J.; DURIER, C. High-pressure treatment of cloudy apple juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, p. 1005-1013, 2006.

- BASAK, S.; RAMASWAMY, H.S. Ultra high pressure treatment of orange juice: a kinetic study on inactivation of pectin methyl esterase. **Food Research International**, v. 29, p. 601-607, 1996.
- BAYINDIRLI, A. et al. Efficiency of high pressure treatment on inactivation of pathogenic microorganisms and enzymes in apple, orange, apricot and sour cherry juice. **Food Control**, v. 17, p. 52-58, 2006.
- BERTO, D. Bebidas não alcoólicas – Apelo "saudável" impulsiona consumo. **Food Ingredients**, v. 24, p. 32-34, 2003.
- BOLETIM NEIT - Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia. São Paulo: Instituto de Economia da Unicamp. Campinas: 2004 (**Boletim Técnico 4**)
- BUTZ, P.; FERNÁNDEZ GARCÍA, A.; LINDAUER, R.; DIETERICH, S.; BOGNÁR, A.; TAUSCHER, B. Influence of ultra-high pressure processing on fruit and vegetable products. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 2-3, p. 233-236, 2003.
- CAMPOS, F. P. Estudo do processamento de suco de laranja através da tecnologia de homogeneização a ultra alta pressão. Campinas. 94 p. **Dissertações** (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. 2004.
- CAMPOS, F.P. et al. Utilização de tecnologia de alta pressão no processamento de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 351-357, 2003.
- CAO, X. M.; ZHANG, Y.; ZHANG, F. S.; WANG, Y. T.; YI, J. Y.; LIAO, X. J. Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 877-885, 2011.
- CAO, X.; BI, X.; HUANG, W.; WU, J.; HU, X.; LIAO, X. Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 16, p. 181-190, 2012.
- CASTELLARI, M. et al. Effects of high hydrostatic pressure processing and glucose-catalase addition on the color stability and sensorial score of grape juice. **Food Science Technology International**, v. 6, p. 17-23, 2000.
- CHEFTEL, J. C. Effects of high hydrostatic pressure on food constituents: an overview. In: **High Pressure and Biotechnology**. Balny, C.; Hayashi, R.; Heremans, K; Masson, P. London: Colloque INSER/Jonh Libbey Eurotext Ltd. P.195-209, 1992.
- CHEFTEL, J.C. High pressure, microbial inactivation and food preservation. **Food Science and Technology International**, v. 1, p.75-90, 1995.
- CORBO, M. R.; BEVILACQUA, A.; CAMPANIELLO, D.; CICCARONE, C.; SINIGAGLIA, M. Use of high pressure homogenization as a mean to control the growth of foodborne moulds in tomato juice. **Food Control**, v. 21, p. 1507-1511, 2010.
- COSTA, M. C. et al. Revisão: **Tecnologias não convencionais e o impacto no comportamento do consumidor**. B. CEPPA, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 187-210, 1999.
- CRELIER, S. et al. **Effect of high pressure treatment on the texture and enzymes activities of selected vegetables**. *Advances in High Pressure Bioscience and Technology*, p.413-416. Berlin: Springer-Verlag, 1999.
- DEDE, S.; ALPAS, H.. High hydrostatic pressure treatment and storage of carrot and tomato juices: antioxidant activity and microbial safety. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 773-782, 2007.
- DELIZA, R. Consumer attitude towards information on non conventional technology. **Trends in Food Science and Technology**, v. 14, p. 43-49, 2003.
- DONSI, F.; ESPOSITO, L.; LENZA, E.; SENATORE, B.; FERRARI, G. Production of self-stable Annurca apple juice with pulp by high pressure homogenization. **International Journal of Food Engineering**, v. 5, n. 4, 2009.
- EARNSHAW, R.G. High pressure food processing. **Nutrition & Food Science**, n.2, p.8-11, 1996.
- ESPERANCINI, M. S. T. Mercado brasileiro de bebidas. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, BPF/APPCC**, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, cap. 2, p. 21-49, 2005.
- FARKAS, D.F.; HOOVER, D.G. High pressure processing. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 4, p. 47-64, 2000.
- FARR, D. High pressure technology in the food industry. **Trends in Food Science and Technology**, v. 1, p. 14-16, 1990.

- FDA. Food and Drug Administration. **Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies.** High pressure processing. Online. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm100158.htm>> Acessado em: 15 fev 2013
- GOODNER, J.K. et al. Cloud stabilization of orange juice by high pressure processing. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 699-700, 1999.
- GOODNER, J.K. et al. Inactivation of pectinmethylsterase in orange and grape juices by high pressure. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 46, p. 1997-2000, 1998.
- GOULD, G.W. Emerging technologies in food preservation and processing in the last 40 years. In: BARBOSA-CÂNOVAS, G.; GOULD, G.W. **Food preservation technology series innovations in food processing.** Pensilvânia: Lancaster, cap. 1, p. 1-11. 2000.
- HEIJI, W.B.C. et al. **O. Sistema de Produção do Açaí – Mercado e comercialização.** Online. Disponível em: <[http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Açaí/SistemaProducaoAçaí\\_2ed/paginas/coeficientes.htm](http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Açaí/SistemaProducaoAçaí_2ed/paginas/coeficientes.htm)>. Acessado em 15 fev. 2013. 2006.
- HENDRICKX, M. et al. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. **Food Science and Technology**, v. 9, p. 197-203, 1998.
- HOOVER, D.G. Pressure effects on biological systems. **Food Technology**, v. 47, n. 6, p. 150-155, 1993.
- IBARZ, A.; PAGAN, J.; GARZA, S. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 39, p. 415-422, 1999.
- JAY, J.H.; LOESSNER, M.J.; GOLDEN, D.A. Other Food Protection Methods. In Jay, J.H., Loessner, M.J., Golden, D.A, Modern Food Technology, (7th ed). (pp. 457-470). Califórnia, E.U.A: **Food Science Texts Series**, 2005.
- KATSAROS, G. I.; TSEVDOS, M.; PANAGIOTOU, T.; TAOUKIS, P. S. Kinetic study of high pressure microbial and enzyme inactivation and selection of pasteurisation conditions for Valencia orange juice. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 6, p.1119-1129, 2010.
- KIM, Y. S.; PARK, S. J.; CHO, Y. H.; PARK, J. Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. **Journal of Food Science**, v. 66, p.1355-1360, 2001.
- KNORR, D. Effects of high hydrostatic pressure processes on food safety and quality. **Food Technology**, v. 47, n. 6, p. 156-161, 1993.
- LEE, H. S.; COATES, G. A. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. **LWT - Food Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 153-156, 2003.
- LINTON, M. et al. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 during storage of pressure-treated orange juice. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 1038-1040, 1999.
- MAÑAS, P.; PAGÁN, R. A Review: Microbial inactivation by new technologies of food preservation. **Journal of Applied Microbiology**, Zaragoza, v. 98, p. 1387-1399, 2004.
- MARCELLINI, A.M.B. **Desenvolvimento de suco de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) através da tecnologia de alta pressão hidrostática aplicada à polpa do fruto.** Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2006.
- MARX, G.; MOODY, A.; BERMUDEZ-AGUIRRE, D. A comparative study on the structure of *Saccharomyces cerevisiae* under nonthermal technologies: High hydrostatic pressure pulsed electric fields and thermo-sonication. **International Journal of Food Microbiology**, v. 151, p. 327-337, 2011.
- MERMELSTEIN, N.H. High-Pressure Pasteurization of Juice. **Food Technology**, v. 53, n. 4, p. 86-95, 1999.
- MERTENS, B.; DEPLACE, G. Engineering aspects of high-pressure technology in the food industry. **Food Technology**, Chicago, v. 47, n. 6, p. 164-169, 1993.
- MONTEIRO, S. Açaí fruta exótica a vedete de consumo. **Frutas & derivados**, v. 1, n. 2, p. 29-32, 2006.
- MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; TONELLO, C.; WELTI-CHANGES, J.; TORRES, J.A. High-pressure processing technologies for the pasteurization and sterilization of foods. **Food Bioprocess Technol**, v. 4, p. 969-985, 2011.

- OHEY, I.; LILLE, M.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M. Effect of high pressure processing on colour, texture and flavor of fruit and vegetables based food products: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, p-320-328, 2008.
- OGAWA, H. et al. Pressure inactivation of yeasts, molds and pectinesterase in *Satsuma mandarin* juice. Effects of juice concentration, pH and organic acids, and comparison of heat sanitization. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 54, p. 1219-1225, 1990.
- OLIVEIRA, F.A.R.; OLIVEIRA, J.C. **Processing Foods: quality optimization and process assessment**. Boca Raton: p. 415, 1999.
- PATHANIBUL, P.; TAYLOR, T. M.; DAVIDSON, P. M.; HARTE, F. Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple and carrot juices using high-pressure homogenization and nisin. **International Journal of Food Microbiology**, v. 129, p. 316-320, 2009.
- PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; TIWARI, B. K.; BUTLER, F. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. **Food and Bioprocess Technologies**, v.4, p. 1245-1252, 2011.
- PATRIGNANI, F.; VANNINI, L.; KAMDEM, S. L. S.; LANCIOTTI, R.; GUERZONI, M. E. Effect of high pressure homogenization on *Saccharomyces cerevisiae* inactivation and physico-chemical features in apricot and carrot juices. **International Journal of Food Microbiology**, v. 136, p. 26-31, 2009.
- PATRIGNANI, F.; VANNINI, L.; KAMDEM, S. L. S.; LANCIOTTI, R.; GUERZONI, M. E. Potentialities of high pressure homogenization to inactivate *Zygosaccharomyces bailii* in fruit juices. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 2, p. M116–M120, 2010.
- PATTERSON, M.F. A review: Microbiology of Pressure – Treated foods, **Journal of Applied Microbiology**, v. 98, p. 1400-1409. 2005.
- PFLANZER, S.; CRUZ, A.; HATANAKA, C.; GIGANTE, M.; SPADOTI, L.; CRISTIANINI, M. Revisão: Efeito do processamento por alta pressão hidrostática nas características físico-químicas, microbiológicas e nutricionais do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 4, p. 241-251, 2008.
- PINHEIRO, A.M et al. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2006.
- QUEIROZ, E. C.; MENEZES, H. C. Suco de laranja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, BPF/APPCC**, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher. cap. 11, p. 221-254, 2005.
- RAMASWAMY, H.S. et al. High-pressure destruction kinetics of *Escherichia coli* (29055) in apple juice. **Journal of Food Science**, v. 68, p. 1750-1756, 2003.
- RASO, J. et al. Influence of several environmental factors on the initiation of germination and inactivation of *Bacillus cereus* by high hydrostatic pressure. **International Journal of Food Microbiology**, v. 44, p. 125-132, 1998.
- RATTANATHANALERK, M.; CHIEWCHAN, N.; SRICHUMPOUNG, W. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food engineering**, v. 66, p. 259-265, 2005.
- RODRIGO, D.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M. Combined thermal and high-pressure color degradation of tomato puree and strawberry juice. **Journal of Food Engineering**, v.79, p. 553-560, 2007.
- ROSENTHAL, A. et al. **Effect of pressure, temperature, time and storage on peroxidases and polyphenol oxidase from pineapple**. In: HAYASHI, R. (Ed.) Trends in high-pressure bioscience and biotechnology. London: Elsevier Science, p. 525-532, 2002.
- ROSENTHAL, A.; **Tecnologia de Alimentos e Inovação: tendências e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- SAN MARTÍN, M.F. et al. Food Processing by High Hydrostatic Pressure. Critical Reviews in **Food Science and Nutrition**, v. 42, n. 6, p. 627-645, 2002.
- SEERAM, N. P.; AVIRAM, M.; ZHANG, Y.; HENNING, S. M.; FENG, L.; DREHER, M. et al. Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol rich beverages in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 1415-1422, 2008.
- SMELT, J.P.P.M. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. **Trends**



in **Food Science and Technology**, v. 9, p. 152-158, 1998.

SUH, H. J.; NOH, D. O.; KANG, C. S.; KIM, J. M.; LEE, S. W. Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 47, p. 132-135, 2003.

TEWARI, G. et al. High Pressure Processing of Foods: An Overview. **Science des Aliments**, v. 19, p. 619-661, 1999.

TONELLO, C. Case studies in high pressure processing of foods. In: Zjang, H.Q., Barbosa-Canovas, G.V., Balasubramaniam, V.M., Dunne, C.P., Farkas, D.F., Yuan, J.T.C. (Eds.), **Nonthermal Processing Technologies for Food**. Wiley-Blackwell and IFT Press, USA, pp. 36 e 50, 2011.

TRIBST, A. A. L.; FRANCHI, M. A.; CRISTIANINI, M.; MASSAGUER, P. R. Quality of mango nectar processed by high-pressure homogenization with optimized heat treatment. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 2, p. M106–M110, 2011.

TRUJILLO, A.J.; CAPELLAS, M.; SALDO, J.; GERVILLA, R.; GUAMIS, B. Applications of high hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 3, p. 295-307, 2002.

VALDRAMIDIS, V. P.; GRAHAM, W. D.; BEATIE, A.; LINTON, M.; MCKAY, A.; FEARON, A. M. et al. Defining the stability interfaces of apple juice: Implications on the optimisation and design of high hydrostatic pressure treatment. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 4, p. 396-404, 2009.

VIANA, J. G. A.; BARCHET, I.; ZEN, B.; SOUZA, R. S. Tendência histórica de preços pagos ao produtor de hortifrutigranjeiros do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1643-1650, 2010.

YUSTE, J. et al. High pressure processing for food safety and preservation: a review. **Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology**, v. 9, p. 1-10, 2001.

ZHANG, C.; TRIERWEILER, B.; LI, W.; BUTZ, P.; XU, Y.; RUFER, C. E. et al. Comparison of thermal, ultraviolet-C, and high-pressure treatments on quality parameters of watermelon juice. **Food Chemistry**, v.126, p. 254–260, 2011.

ZIMMERMAN, F.; BERGMAN, C. Isostatic high-pressure equipment for food preservation, **Food Technology**, v. 47, n.6, p.162-163, 1993.