

AUTORES
AUTHORS

✉ **Flávio Peckolt CAMPOS**
peckolt@hotmail.com

Gustavo Levy DOSUALDO
gustavoleyv@bol.com.br

Marcelo CRISTIANINI
olecram@fea.unicamp.br

Departamento de Tecnologia de Alimentos
Faculdade de Engenharia de Alimentos
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
Cidade Universitária Zeferino Vaz –
Barão Geraldo – Campinas – SP
C.P.: 6121 – C.E.P.: 13083-970

RESUMO

Os métodos não-térmicos de processamento de alimentos (irradiação, pulso elétrico, alta pressão, microondas) têm ganho grande interesse ultimamente devido ao grande potencial que oferecem como processos alternativos ou complementares aos métodos tradicionais de preservação. Na maioria dos métodos tradicionais de preservação, os alimentos são submetidos a altas temperaturas por um certo período de tempo, causando muitas vezes alterações indesejáveis nos produtos, como modificações de cor, sabor e perdas funcionais ou nutritivas.

O processamento de alimentos por tecnologia de alta pressão é um destes métodos e consiste em submeter o produto a altas pressões (acima de 100 MPa), com o objetivo de destruir microrganismos e inativar enzimas.

A principal vantagem do uso de tratamento à alta pressão na pasteurização de sucos de frutas é a preservação das características naturais do produto, como frescor e conteúdo vitamínico, o que atende aos anseios do consumidor moderno que procura por produtos cada vez mais parecidos com os sucos frescos recém-extraídos.

SUMMARY

The interest in non-thermal methods for food preservation (irradiation, electric pulsing, high pressure, microwaves) has increased recently due to their potential as alternative or complementary processes to the traditional preservation methods. In most preservation methods, the foods are exposed to high temperatures for a certain period of time, leading to undesirable alterations, such as flavor and color changes and functional and nutritional losses.

The high pressure processing of food consists of submitting the product to high pressures (above 100 MPa) aiming at inactivating both microorganisms and enzymes.

The main advantage of using the high pressure method for fruit juice pasteurization is the preservation of the natural attributes of these products, such as their freshness and nutritional content, thus heeding the desires of the modern customer who searches for products as similar as possible to the fresh squeezed juice.

PALAVRAS-CHAVE
KEY WORDS

Alta pressão; Pasteurização; Sucos de frutas; Inativação enzimática; Inativação microbiana.

High pressure; Pasteurization; Fruit juices; Enzyme inactivation; Microbial inactivation.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda do consumidor por alimentos minimamente processados, livres de aditivos e estáveis no armazenamento sugere a exploração de outros tratamentos físicos como alternativa potencial aos tradicionais tratamentos térmicos.

Alguns métodos não-térmicos para a preservação de alimentos estão sendo pesquisados atualmente visando avaliar o seu potencial como um processo alternativo ou complementar aos métodos tradicionais de preservação. Tradicionalmente, na maioria dos métodos de preservação, os alimentos são submetidos a altas temperaturas por um certo período de tempo. O tratamento térmico muitas vezes causa alterações indesejadas nos alimentos, como alterações de sabor, perda de características funcionais e nutritivas, etc. (PARISH, 1998b).

Atualmente, a tendência do consumo de alimentos é cada vez mais na direção de produtos naturais, saudáveis e minimamente processados. No caso de frutas e vegetais processados a tendência é na direção de sucos recém-extraídos, com sabor fresco e integridade de sabor e vitaminas, o mais próximo possível dos sucos feitos em casa (BIGNON, 1997).

Os tratamentos não-térmicos que vêm sendo estudados buscam aumentar a vida-de-prateleira dos produtos, sem causar as reações indesejadas que possam ocorrer no caso dos tratamentos térmicos (por exemplo, a formação de *off-flavours*, e escurecimento não-enzimático). Desta forma, são esperadas perdas mínimas de nutrientes e vitaminas e alterações de sabor quase imperceptíveis.

2. PROCESSAMENTO À ALTA PRESSÃO

Uma das tecnologias mais inovadoras para processar produtos termossensíveis é o tratamento à alta pressão que utiliza pressões de 100 a 1000 MPa para provocar a destruição microbiológica e para retardar significativamente as taxas de reações enzimáticas (BASAK, 1996).

O tratamento à alta pressão foi reconhecido como uma técnica potencial de preservação há aproximadamente um século atrás desde os trabalhos de Hite em 1889 (SMELT, 1998). A alta pressão foi aplicada por muitos anos na produção de cerâmicas, materiais compostos, diamante artificial e plásticos. Esses desenvolvimentos tecnológicos aumentaram as possibilidades de aplicação comercial na área alimentícia. Uma grande variedade de produtos tratados por pressão foi elaborada no mercado japonês por vários anos, incluindo preparados de frutas, bolinhos de arroz e lula crua. Na França, sucos de frutas tratados por pressão estão disponíveis no mercado. Recentemente, "guacamole" (pasta de abacate) tratada por pressão foi lançada com sucesso no mercado americano. O tratamento a altas pressões causa a inativação de microrganismos e enzimas, enquanto deixa intactas moléculas pequenas, como a maioria das vitaminas e os compostos voláteis, que conferem sabor aos alimentos (SMELT, 1998). Com isto, a tecnologia de alta pressão tem a vantagem

de causar a degradação mínima do sabor e de nutrientes quando comparada à pasteurização térmica tradicional.

Por serem produtos cujas características de sabor e frescor são degradadas quando submetidos a tratamento térmico, os sucos de frutas tornam-se produtos cuja conservação através do tratamento à alta pressão possa ser de grande vantagem. O produto tratado através de Alta Pressão tende a apresentar características nutritivas, funcionais e sensoriais mais próximas às do produto natural, quando comparado ao produto tratado termicamente.

O tratamento à alta pressão ainda é de alto custo, principalmente devido ao alto capital inicial, o que ainda limita a sua aplicação a produtos de alto valor agregado. Entretanto, pode-se esperar que estes custos venham a se tornar mais acessíveis, como uma consequência do desenvolvimento tecnológico. Com isto, mais produtos submetidos a este tipo de tratamento poderão chegar ao mercado, como é o caso do leite pasteurizado por alta pressão, disponível no mercado inglês (SMELT, 1998).

Na pasteurização por alta pressão, o produto é submetido a uma pressão muito alta durante poucos segundos. Este processo leva à destruição de bactérias, leveduras e fungos, e a uma parcial desnaturação de enzimas.

O pH baixo de sucos de fruta faz-lhes bons candidatos para a preservação pelo tratamento por alta pressão, uma vez que a germinação de esporos bacterianos resistentes à pressão é inibida, mesmo que ocorra a sobrevivência dos mesmos (FARR, 1990).

Atualmente, dois métodos de processamento de alimentos à alta pressão têm sido investigados: o método hidrostático (UAP – Ultra Alta Pressão) e o método de homogeneização (HAP – Homogeneização à Alta Pressão).

2.1 Método hidrostático

O processamento UAP consiste em submeter o produto à alta pressão dentro de um vaso pressurizado, utilizando um meio que transfere a pressão ao produto (para alimentos tem-se utilizado água potável como meio).

Este método baseia-se em dois princípios gerais:

– princípio de Le Chatelier: segundo o qual qualquer fenômeno (transição de fase, mudança de conformação molecular ou reação química) acompanhado por uma redução de volume é favorecido pelo aumento de pressão (e vice-versa). No caso de uma reação, a pressão alterará o equilíbrio na direção do sistema de menor volume;

– princípio isostático: que indica que a pressão é transmitida de uma forma uniforme e quase instantânea através de uma amostra biológica. O processo de pressurização é, portanto, independente do volume e da forma da amostra, ao contrário do processo térmico. No processo à alta pressão é utilizado um líquido de baixa compressibilidade como a água (CHEFTEL, 1995).

A alta pressão causa a ruptura da membrana celular de microrganismos e altera a estrutura de enzimas, ocasionando sua destruição e desnaturação, respectivamente.

Em geral, o processamento de alimentos sob pressões entre 200 e 600 MPa (método hidrostático) inativa leveduras, fungos e a maioria das células vegetativas de bactérias incluindo a maioria dos patógenos infecciosos presentes nos alimentos; esporos de bactérias e fungos não são inativados por pressões de até 1000 MPa (GOULD, 1996; SMELT, 1998).

No processamento isostático, o produto é embalado em garrafa ou bolsa plástica e colocado no interior do vaso de pressão para ser processado. O processamento de produtos líquidos pode ser realizado através de uma sistema semicontínuo (fora da embalagem) utilizando três vasos de pressão e um sistema de válvulas automáticas, de modo que na primeira câmara a pressão do produto é aumentada até a pressão de processo, quando é liberado; na segunda câmara o produto fica sob a pressão e tempo especificados para o processo; e na terceira câmara o produto é descomprimido e encaminhado para envase asséptico.

2.2 Método de homogeneização

O processamento HAP é um processo em base contínua que utiliza fundamentalmente um homogeneizador de alta pressão com o intuito de romper células, princípio largamente utilizado nas aplicações de biotecnologia.

O produto é bombeado por dois intensificadores de pressão, sendo forçado a fluir através de uma válvula de homogeneização. Isto produz uma velocidade muito elevada através do orifício, e a expansão resultante é a responsável pela ruptura de células de microrganismos, causando mínimas alterações nas células do alimento.

O termo "alta pressão" descreve a tensão dada ao produto antes da etapa de homogeneização. O produto, então, passa através de um orifício concêntrico onde a velocidade torna-se extremamente alta (até mesmo acima da velocidade do som) e a pressão extremamente baixa, causando a evaporação do fluido, e começando o fenômeno de cavitação (POPPER; KNORR, 1990). A pressão de trabalho é atingida entre o intensificador de pressão e a válvula primária de homogeneização (após a qual ocorre a maior despressurização). A pressão é aplicada ao produto por um período de tempo da ordem de alguns milissegundos.

Processamentos utilizando pressões da ordem de 200 MPa podem atingir reduções de 5 ciclos logarítmicos em microrganismos relevantes ao processamento de alimentos, segundo estudo de Romeo Toledo, professor Ciência de alimentos na Universidade da Geórgia (MERMELSTEIN, 1999).

3. EFEITO DO PROCESSAMENTO À ALTA PRESSÃO SOBRE MICRORGANISMOS

O efeito do processamento à alta pressão sobre microrganismos é influenciado por alguns fatores, a exemplo do que ocorre com relação à temperatura:

– Quanto à forma vegetativa/ esporulada: as bactérias na forma vegetativa apresentam maior sensibilidade à pressão que na forma esporulada, pois nesta forma a resistência de muitas espécies à pressão é alta, resistindo a tratamentos a 1000 MPa pelo processo UAP. Dessa forma, a aplicação mais comum da tecnologia de alta pressão na preservação de alimentos é naqueles de baixo pH, onde a sobrevivência dos esporos não causa maiores problemas pela inabilidade dos mesmos em se desenvolver nestas condições (GOULD, 1996). A forma da bactéria influencia na resistência à pressão; em geral, cocos são mais resistentes que bastonetes, pois possuem uma maior resistência mecânica.

– Fase de crescimento: bactérias no início da fase log são normalmente mais sensíveis à pressão do que as células nas fases estacionária, lag ou de morte (ZOBELL apud HOOVER et al., 1989).

– Coloração de gram: segundo SMELT (1998), em geral, as bactérias gram-positivas são mais resistentes à pressão. Tal fato é explicado devido à sua parede celular ser mais fina (possuem membrana externa) se comparada com a estrutura de uma gram-negativa. A rigidez da parede celular confere uma fragilidade à estrutura em função da pouca flexibilidade em virtude da aplicação de pressão.

– Atividade de água: quase sempre, baixa atividade de água (a_w) proporciona um efeito protetor nas células contra a pressão (OXEN et al., 1993), mas microrganismos injuriados pela pressão são geralmente mais sensíveis em baixas atividades de água. Carboidratos possuem, em geral, um efeito protetivo maior que sais (SMELT, 1998).

Em geral, nos microrganismos, o primeiro local de dano devido à pressão é a parede celular (HOOVER et al., 1989).

No processo hidrostático, com pressões superiores a 200 MPa, a taxa de destruição aumenta com o aumento da pressão ou do tempo de processo (CHEFTEL, 1995).

Os fenômenos que causam a destruição de microrganismos diferem nos métodos de aplicação da alta pressão.

3.1 Mecanismo de inativação no método hidrostático

BIGNON (1997) cita como princípio de eliminação dos microrganismos a destruição de membranas das células pela alta pressão. Reduções ao redor de 10^3 até 10^6 UFC/g podem ser alcançadas utilizando-se 410 MPa por 2 minutos, dependendo da natureza do microrganismo. Leveduras são particularmente sensíveis a esse tratamento. Esses resultados são compatíveis com os objetivos da pasteurização para sucos de frutas (BIGNON, 1997).

Segundo HOOVER et al. (1989), as causas da inativação microbiana são ainda pouco compreendidas. Várias mudanças morfológicas são observadas com o aumento da pressão: compressão de vacúolos gasosos, alongamento da célula, separação da membrana da parede celular, contração da parede celular com a formação de poros, modificações no citoesqueleto, modificações no núcleo e em organelas

intracelulares (acima 400 MPa, no caso de *Sacharomyces*), coagulação de proteínas citoplasmáticas, liberação de constituintes intracelulares (especialmente os de origem nuclear) para fora da célula, entre outros (SHIMADA *et al.* apud CHEFTEL, 1995).

A pressão causa algumas desnaturações protéicas na membrana, modificando a permeabilidade e a seletividade da membrana plasmática, podendo resultar na morte da célula (HOOVER *et al.*, 1989).

PARISH (1998a) utiliza parâmetros de inativação microbiológica relacionados ao tratamento hidrostático análogos àqueles utilizados em termobacteriologia: D é tempo de tratamento, a uma determinada pressão, necessário para reduzir em um ciclo logarítmico uma população de microrganismos; valor z é o aumento na pressão de tratamento necessário para reduzir em um ciclo logarítmico o valor de D.

A Tabela 1 apresenta uma comparação da resistência à pressão hidrostática de alguns microrganismos de interesse em alimentos:

TABELA 1. Comparativo da resistência à pressão hidrostática entre microrganismos.

Microrganismo	Pressão (MPa)	D (min)	T (°C)	Substrato	Referência
<i>Clostridium pasteurianum</i>	700	2,4	60	n.i.	Maggi <i>et al.</i> ,1995
<i>Clostridium pasteurianum</i>	800	3,4	60	n.i.	Maggi <i>et al.</i> ,1995
<i>Citrobacter freundii</i>	230	14,7	20	n.i.	Carlez <i>et al.</i> ,1992a
<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	414	2,17	25	n.i.	Ananth <i>et al.</i> ,1998
<i>Salmonella senftenberg</i>	414	1,48	2	n.i.	Ananth <i>et al.</i> ,1998
<i>Listeria innocua</i> ²	400	3,12	2	n.i.	Gervilla <i>et al.</i> ,1997
<i>Listeria innocua</i> ²	400	4	25	n.i.	Gervilla <i>et al.</i> ,1997
<i>Staphylococcus aureus</i> ³	200	211,8	20	n.i.	Erkmen <i>et al.</i> ,1997
<i>Staphylococcus aureus</i> ³	250	15	20	n.i.	Erkmen <i>et al.</i> ,1997
<i>Staphylococcus aureus</i> ³	300	3,7	20	n.i.	Erkmen <i>et al.</i> ,1997
<i>Staphylococcus aureus</i> ³	350	2,6	20	n.i.	Erkmen <i>et al.</i> ,1997
<i>Listeria innocua</i>	400	7,35	2	n.i.	Ponce <i>et al.</i> ,1998
<i>Listeria innocua</i>	400	8,23	20	n.i.	Ponce <i>et al.</i> ,1998
<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	150	84,4	4	leite cru	Mussa <i>et al.</i> ,1999
<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	250	46,0	4	leite cru	Mussa <i>et al.</i> ,1999
<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	300	26,6	4	leite cru	Mussa <i>et al.</i> ,1999
<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	350	13,9	4	leite cru	Mussa <i>et al.</i> ,1999
<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	350	0,64*	n.i.	suco de laranja	Parish, 1998a
<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	500	0,02*	n.i.	suco de laranja	Parish, 1998a
<i>Sacharomyces cerevisiae</i> ⁴	350	1,27**	n.i.	suco de laranja	Parish, 1998a
<i>Sacharomyces cerevisiae</i> ⁴	500	0,07**	n.i.	suco de laranja	Parish, 1998a

¹ Scott A ² 910 CECT ³ ATCC 27690
⁴ ascóporos * z = 106 MPa ** z = 123 Mpa
n.i.: não informado ^a apud TEWARI *et al.*, 1999

3.2 Mecanismo de inativação no método de homogeneização

Segundo POPPER e KNORR (1990), microrganismos são destruídos pela repentina queda de pressão, tensão de cis-

alhamento e torção, e mais provavelmente devido às ondas de choques de cavitação resultantes do colapso das bolhas de gás.

A elevada velocidade alcançada pelo produto ao passar através da válvula de homogeneização é responsável pelo atrito entre as células de microrganismos, o que pode causar o colapso da parede celular devido à sua rigidez. Ao passar pela válvula de homogeneização, o produto encontra um ambiente de pressão muito baixa que proporciona a expansão do líquido e conseqüente colapso dos vacúolos de gás das células dos microrganismos.

A Tabela 2 apresenta uma comparação da resistência à pressão de homogeneização de alguns microrganismos de interesse em alimentos:

TABELA 2. Comparativo da resistência à pressão de homogeneização entre microrganismos.

Microrganismo	Pressão (MPa)	n° red. log.*	T (°C)	Substrato	Referência
<i>Escherichia coli</i>	100	2	n.i.	n.i.	Lanciotti <i>et al.</i> ,1996
<i>Escherichia coli</i>	150	6	n.i.	n.i.	Lanciotti <i>et al.</i> ,1996
<i>Escherichia coli</i>	100	3	n.i.	n.i.	Popper <i>et al.</i> ,1990
<i>Streptococcus lactis</i>	100	1	n.i.	n.i.	Popper <i>et al.</i> ,1990
<i>Flora natural</i>	200	5	4	suco laranja	Mermelstein, 1999

*n° de red. Logarítmicas = - log (N₀/N)
n.i.: não informado

4. EFEITO DO PROCESSAMENTO À ALTA PRESSÃO SOBRE ENZIMAS

Enzimas são classes especiais de proteínas na qual a atividade biológica surge a partir de um sítio ativo, mantido pela conformação tri-dimensional da molécula. Pequenas mudanças no sítio ativo podem levar a uma perda da atividade da enzima (TSOU apud HENDRICKX *et al.*, 1998). Como a desnaturação protéica é associada com mudanças conformacionais, estas podem mudar a funcionalidade da enzima (por exemplo aumento ou perda da atividade biológica, mudanças na especificidade do substrato) (HENDRICKX *et al.*, 1998).

Proteínas são estruturas delicadas, mantidas por interações entre a cadeia protéica (determinada pela seqüência de aminoácidos) e pelas interações com o solvente ao redor. Mudanças nos fatores externos, como pressão e temperatura, podem perturbar o complexo balanço das interações intramoleculares e entre solvente-proteína, e podem, conseqüentemente, levar ao desdobramento e/ou desnaturação da cadeia de peptídeos (HENDRICKX, 1998).

Os rearranjos estruturais presentes nas proteínas sob pressão são governados pelo princípio de Le Chatelier. A redução do volume acompanhando a desnaturação surgem da formação ou ruptura de ligações não-covalentes (mudanças no volume conformacional) e dos rearranjos das moléculas de solvente (mudanças no volume de solvatação) (HENDRICKX *et al.*, 1998).

laranja (GOODNER *et al.*, 1998). A fim de conseguir uma vida-de-prateleira de 90 dias para o suco empacotado em temperaturas refrigeradas, pressões de 700 MPa ou maiores e tempos de processamento de 1 minuto são recomendados (GOODNER *et al.*, 1999).

4.2 Peroxidase

Em vegetais, a peroxidase (POD; EC 1.11.1.7) causa mudanças prejudiciais no sabor durante a estocagem. É uma das enzimas de origem vegetal mais resistente ao processamento térmico e tem se mostrado bastante resistente à pressão. Para vagens, um tratamento de 900 MPa por 10min à temperatura ambiente foi necessário para causar uma redução de 88% na atividade da POD (HENDRICKX *et al.*, 1998). À temperatura ambiente, a atividade da POD de laranja diminui continuamente até 400 MPa (tempo de processo de 15min); a maior taxa de inativação (50%) foi obtida a 32°C. Tratamentos à alta pressão a 32-60°C aumentaram a atividade de POD no suco de laranja (CANO *et al.*, 1997).

4.3 Polifenoloxidase

A atividade de Polifenoloxidase (PFO; EC 1.14.18.1) resulta em um escurecimento enzimático de frutos ou vegetais danificados. Devido à coloração marrom e a mudanças na aparência e nas propriedades organolépticas, a inativação da PFO é altamente desejável em alimentos que a contêm.

A PFO de cogumelo e de batata são altamente estáveis à pressão, dessa forma são necessários tratamentos entre 800 e 900 MPa para a redução da atividade (GOMES *et al.*, 1996; ESHTIAGHI *et al.* apud WEEMAES *et al.*, 1998; JOLIBERT *et al.* apud HENDRICKX *et al.*, 1998); as PFO de uva, morango, damasco e maçã parecem ser mais sensíveis à pressão. As PFO de damasco, morango e uva podem ser inativadas por pressões próximas a 100, 400 e 600 MPa, respectivamente (JOLIBERT *et al.* apud HENDRICKX *et al.*, 1998; AMATI *et al.*, 1996). Para várias enzimas PFO, tem sido relatado que a inativação induzida pela pressão ocorre mais rapidamente a baixos pH (JOLIBERT *et al.* apud WEEMAES *et al.*, 1998). Em adição ao pH, a inativação pela pressão é influenciada pela adição de sais, açúcares ou outros compostos (HENDRICKX *et al.*, 1998).

5. COMENTÁRIOS

O tratamento à alta pressão mostra-se adequado para a pasteurização de sucos de frutas tendo em vista os diversos estudos que comprovam sua eficiência na inativação de microrganismos de interesse e na redução da atividade de enzimas relacionadas com a qualidade dos sucos.

Muitos trabalhos têm sido publicados avaliando a potencialidade do uso do processo hidrostático à alta pressão

no processamento de alimentos, mostrando serem capazes de inativar enzimas e destruir microrganismos. No entanto, pouco tem sido relatado sobre o uso do processo contínuo de homogeneização por alta pressão. Esta tecnologia se mostra eficiente no processamento de alimentos líquidos em substituição ou como complemento aos processamentos térmicos, visando melhora às propriedades organolépticas e nutricionais destes produtos. A viabilidade econômica dos processos à alta pressão também é um fator importante a ser observado, uma vez que os equipamentos possuem ainda um alto custo, mas que pode vir a ser reduzido com a popularização dessa tecnologia, a exemplo do que aconteceu no passado com outros processos inovadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATI, A.; CASTELLARI, M.; MATRICARDI, L.; ARFELLI, G.; CARPI, G. Modificazioni indotte in mosti d'uva da trattamenti con alte pressioni idrostatiche. **Industrie delle Bevande**, v. 25, n. 144, p. 324-328, 1996.
- ANANTH, V.; DICKSON, J.S.; OLSON, D.G.; MURANO, E.A. Shelf Life Extension, Safety, and Quality of fresh Pork Loin Treated with High Hydrostatic Pressure. **Journal of Food Protection**, v. 61, n. 12, p. 1649-1556, 1998.
- ASAKA, M.; AOYAMA, Y.; NAKANISHI, R.; HAYASHI, R.; Purification of a Latent Form of Polyphenoloxidase from La France Pear Fruit and its Pressure-activation. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 58, n. 8, p. 1486-1489, 1994.
- 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, n. 7, p. 601-607, 1996.
- BIGNON, J. Cold Pasteurizers Hiperbar for the Stabilization of Fresh Fruit Juices. **Fruit Processing**, v. 6, n. 2, p. 46-48, 1997.
- CANO, M.P.; HERMANDEZ, A.; ANCOS, B. High Pressure and Temperature Effects on Enzyme Inactivation in Strawberry and Orange Products. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 1, p. 85-88, 1997.
- CHEFTEL, J.C. Review: High-pressure, microbial inactivation and food preservation. **Food Science and Technology International**, v. 1, n. 2/3, p. 75-90, 1995.
- DIXON, M.; WEBB, E. C. *Enzymes*. 3 ed. London: Academic Press, 1979.
- ERKMEN, O.; KARATAS, S. Effect of High Hydrostatic Pressure on Staphylococcus aureus in Milk. **Journal of Food Engineering**, v. 33, n. 3, p. 257-262, 1997.
- FARR, D. High Pressure Technology in the Food Industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 1, n. 7, p. 14-16, 1990.
- GERVILLA, R.; CAPELLAS, M.; FERRAGUT, V.; GUAMIS, B. Effect of High Hydrostatic Pressure on *Listeria innocua* 910 CECT Inoculated into Ewe's Milk. **Journal of Food Protection**, v. 60, n. 1, p. 33-37.
- GOMES, M.R.A.; LEDWARD, D.A. Effect of high-pressure treatment on the activity of some polyphenoloxidases. **Food Chemistry**, v. 56, n. 1, p. 01-05, 1996.

- GOODNER, J.K.; BRADDOCK, R.J.; PARISH, M.E.. Cloud Stabilization of Orange Juice by High Pressure Processing. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 46, n.5, p.1997-2000, 1998.
- GOODNER, J.K.; BRADDOCK, R.J.; PARISH, M.E.; SIMS, C.A. Cloud Stabilization of Orange Juice by High Pressure Processing. **Journal of Food Science**, v. 64, n.4, p.699-700, 1999.
- GOULD, G.W. Methods for preservation and extension of shelf life. **International Journal of Food Microbiology**, v. 33, n. 1, p.51-64, 1996.
- HENDRICKX, M.; LUDIKHUYZE, L.; VAN den BROECK, I; WEEMAES, C. Effects of High pressure on enzymes related to food quality (review) **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n.5, p.197-203, 1998.
- HOOVER, D.G.; METRICK, C.; PAPINEAU, A.M.; KNORR, D. Biological Effects of High Hydrostatic Pressure on Food Microorganisms. **Food Technology**, v. 43, n.3, p.99-107, 1989.
- LANCIOTTI, R.; GARDINI, F.; SINIGAGLIA, M.; GUERZONI, M.E. Effects of growth conditions on the resistance of some pathogenic and spoilage species to high pressure homogenization. **Letters in Applied Microbiology**, v. 22, p.165-168, 1996.
- MAGGI, A.; GOLA, S.; ROVERE, P.; MIGLIOLI, L.; DALL'AGLIO, G.; LONNEBORG, N.G. Effects of combined high pressure-temperature treatments on *Clostridium sporogenes* spores in liquid media. **Industria Conserve**, v. 71, n.1, p.08-14, 1996.
- MERMELSTEIN, N.H. (ed.) High-Pressure Pasteurization of Juice. **Food Technology**, v. 53, n.4, p.86-90, 1999.
- MESSENS, W.; VAN CAMP, J.; HUYGHEBAERT, A. The use of high pressure to modify the functionality of food proteins. **Trends in Food Science & Technology**, v. 8, n.4, p.107-112, 1997.
- MUSSA, D.M.; RAMASWAMY, H.S.; SMITH, J.P. High Pressure (HP) destruction kinetics of *Listeria monocytogenes* Scott A in raw milk. **Food Research International**, v. 31, n.5, p.343-350, 1999.
- OXEN, P.; KNORR, D. Baroprotective Effects of High Solute Concentrations Against Inactivation of *Rodotorula rubra*. **Lebensmittel – Wissenschaft und-Technologie**, London, v. 26, n.3, p.439-442, 1993.
- PARISH, M.E. High Pressure Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae*, endogenous microflora and pectinmethylesterase in orange juice. **Journal of Food Safety**, v. 18, n.1, p.57-65, 1998a.
- PARISH, M.E. Orange juice quality after treatment by Thermal pasteurization or Isostatic High Pressure, **Lebensmittel – Wissenschaft und-Technologie**, v. 31, n.5, p.439-442, 1998b.
- PONCE, E.; PLA, R.; MOR-MUR, M.; GERVILLA, R.; GUAMIS, B. Inactivation of *Listeria innocua* Inoculated in Liquid Whole Egg by High Hydrostatic Pressure. **Journal of Food Protection**, v. 61, n.1, p.119-122, 1998.
- POPPER, L; KNORR, D. Application of High-Pressure Homogenization for Food Preservation **Food Technology**, v. 43, n.7, p.86-90, 1990.
- OGAWA, H.; FUKUHISA, K.; KUBO, Y; FUKUMOTO, H. Pressure Inactivation of Yeasts, Molds, and Pectinesterase in Satsuma Mandarin Juice: Effects of Juice Concentration, pH, and Organic Acids, and Comparison with Heat Sanitation **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 54, n.5, p.1219-1225, 1990.
- SMELT, J.P.P. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n.4, p.152-158, 1998.
- TEWARI, G.; JAYAS, D.S.; HOLLEY, R.A. High pressure processing of foods: an overview **Sciences des Aliments**, v. 19, n.6, p.619-661, 1999.
- WEEMAES, C.; LUDIKHUYZE, L.; BROECK, I. VAN DEN & HENDRICKX, M. High Pressure Inactivation of Polyphenoloxidases **Journal of Food Science**, v. 63, n.5, p.873-877, 1998.