

FABRICIA GASPARETTI

**ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA – TECNOLOGIA
PROMISSORA NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**

Araçatuba

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba

ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA – TECNOLOGIA PROMISSORA NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

Trabalho Científico apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da
Universidade Estadual “Júlio de
Mesquita Filho”, campus de Araçatuba,
para obtenção do grau de Médico
Veterinário.

Aluno: Fabricia Gasparetti

Supervisor: Prof.^a Adj. Elisa Helena
Giglio Ponsano

Araçatuba

2014

ENCAMINHAMENTO

Encaminhamos o presente Trabalho Científico, como parte do Trabalho de Conclusão de Curso, para que o Conselho de Estágios Curriculares tome as providências cabíveis.

Fabricia Gasparetti

Prof.^a Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano**ARAÇATUBA****Mai 2014**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos a mim concedidas.

Agradeço aos meus pais, por sempre me apoiarem em todas as decisões de minha vida e em todo o suporte perante as dificuldades que a graduação me ocasionou.

Agradeço a Grasielle Fernandes que, mais que minha companheira, sempre foi minha amiga e meu refúgio, que sempre me ajudou e me amparou em todos os momentos em que precisei dela.

Agradeço a Prof.^a Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano por ter aceitado meu pedido de me supervisionar e por me ajudar em todos os momentos necessários.

SUMÁRIO

RESUMO	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 MATERIAL E MÉTODOS	5
3 RESULTADOS.....	6
4 DISCUSSÃO.....	7
4.1 Processamento e Equipamentos	7
4.2 Efeitos da APH em microrganismos	8
4.3 Efeitos da APH nos alimentos	10
4.4 Vantagens da APH.....	11
4.5 Desvantagens da APH.....	12
4.6 Perspectiva de mercado	13
5 CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	16

RESUMO

Descoberta desde 1889 por Hite, a alta pressão hidrostática tem ganhado cada vez mais espaço na indústria de alimentos nos últimos vinte anos. Com todas as vantagens a ela atribuída, essa tecnologia vem para suprir um mercado onde o consumidor exige um alimento seguro e de qualidade cada vez maior. Uma alternativa aos tratamentos térmicos convencionais, a alta pressão hidrostática não somente se sobressai pela sua eficiência tecnológica, oferecendo conservação de atributos sensoriais e nutricionais dos alimentos, como é capaz de proporcionar alimentos seguros microbiologicamente, conferindo uma maior qualidade aos produtos quando comparada a outros tratamentos. Esta revisão sistemática de literatura teve como objetivo discutir a aplicação da alta pressão hidrostática na indústria alimentícia e seu papel como uma tecnologia promissora. A metodologia consistiu em selecionar textos científicos específicos sobre o assunto a partir da pesquisa bibliográfica em banco de dados eletrônicos e livros. Quatro livros e nove textos científicos foram selecionados, entre o período de 2002 e 2014. Conclui-se com esta revisão sistemática de literatura que a alta pressão hidrostática apresenta um futuro promissor na indústria de alimentos. No entanto, pesquisas são necessárias para um estabelecimento de padrões de valores atribuídos ao processo (como pressão, tempo e temperatura, por exemplo) especificamente para cada produto submetido à tecnologia.

Palavras- chave: *altas pressões, alta pressão, conservação de alimentos, tecnologia não térmica, APH*

1 INTRODUÇÃO

A exigência cada vez maior do mercado consumidor traz à indústria o desafio de buscar técnicas mais sofisticadas e eficientes para fornecer produtos de alta qualidade e proporcionar a segurança dos alimentos. A utilização dessas novas tecnologias, além de proporcionar a destruição de micro-organismos, também pode conferir ao alimento uma maior vida de prateleira, alterações mínimas em sua estrutura biológica, em suas características sensoriais e nutricionais (LEISTNER e GORRIS, 1995) e minimizar a utilização de aditivos químicos (VANIN, 2010).

Tecnologias inovadoras para a conservação de alimentos têm sido utilizadas com maior frequência devido a um maior aproveitamento do alimento e também por serem muitas vezes fontes limpas de processamento (MATHIAS *et al.*, 2010). Um exemplo disso é Alta Pressão Hidrostática (APH), nomeada internacionalmente também como High Pressure Processing (HPP), High Hydrostatic Pressure (HHP) ou Ultra High Pressure (UHP).

Apesar de ter sido descrita pela primeira vez por Hite já em 1899, a alta pressão hidrostática vem se destacando nos últimos anos principalmente como uma alternativa aos processamentos convencionais de conservação de alimentos, onde se emprega o calor como principal agente físico. Como vantagem à utilização do calor, as altas pressões não deterioram os compostos de sabor e cor, assim como não afetam a qualidade de alguns alimentos e evitam perdas nutricionais (MARCELLINI, 2006).

Devido aos benefícios advindos dessa tecnologia, o Japão comercializa, desde 1990, produtos (inicialmente doces de frutas em pasta e, posteriormente, molhos, geleias de frutas, iogurtes de frutas e molhos para saladas) submetidos ao tratamento da APH (FELLOWS, 2006). Outros países como a Alemanha, a Espanha e os Estados Unidos também já produzem alimentos submetidos ao tratamento da APH, caminho este que deve ser seguido por outros países (MATHIAS *et al.*, 2010).

No Brasil, não existe ainda nenhum produto comercial obtido pelo processo da APH. A Embrapa Agroindústria de Alimentos (RJ), porém, conduz desde 1998 pesquisas com alimentos e bebidas expostos a tecnologia de altas pressões (FONTES e RAMOS, 2008).

O conceito da APH se baseia em dois princípios: o princípio de *Le-Chatelier* e o princípio de *Pascal* (também denominado de princípio isostático). O princípio de *Le-Chatelier*, segundo Coelho (2002), estabelece que:

Quando um sistema em estado de equilíbrio dinâmico for perturbado por alguma força externa, o sistema será deslocado para uma nova posição de equilíbrio para minimizar o efeito desta força, que poderá ser uma redução do volume causado pelo aumento da pressão ou vice versa.

O princípio de *Pascal*, por sua vez, determina que, quando se administra uma dada pressão em um certo ponto, a mesma é transmitida uniformemente e instantaneamente em todos os pontos do alimento em que se foi aplicada a pressão (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). O processamento com alta pressão não tem etapas de “aquecimento” ou de “resfriamento”, e os ciclos de pressurização/despressurização são rápidos, reduzindo o tempo de processamento, quando comparado com o tratamento térmico. É possível que o tratamento com a alta pressão possa ser usado em combinação com os outros tipos de processamento, expandindo, assim, as operações unitárias disponíveis aos processadores de alimentos, dando origem ao desenvolvimento de novos produtos e processos (FELLOWS, 2006).

O processamento em alta pressão, que na maioria dos casos acontece na temperatura ambiente, algumas vezes também pode ser realizado em temperaturas até -20 °C ou, ainda, em temperaturas moderadas de, no máximo, 40 ou até mesmo 60 °C. Desta forma, tem-se uma alternativa aos processos de tratamento térmico para alimentos, cujo objetivo é tornar o alimento mais durável ou processar uma mudança com o objetivo de conseguir uma determinada qualidade física (COELHO, 2002).

A aplicação uniforme da alta pressão em todas as partes do alimento, independentemente de seu tamanho ou forma, é uma vantagem significativa sobre os outros métodos de processamento devido ao fato de que todo o alimento é tratado de modo homogêneo. Isso resolve a falta de uniformidade encontrada em processos como, por exemplo, o aquecimento por condução ou convecção, o uso de

micro-ondas ou o aquecimento dielétrico ou aquecimento radiante (FELLOWS, 2006).

Os custos envolvidos na aquisição dos equipamentos e do processamento limitam o uso dessa tecnologia. Avanços têm sido realizados no desenho e construção desses equipamentos para tornar tais custos de processo mais competitivos em relação à esterilização e ao congelamento (MATHIAS *et al.*, 2010). Os produtos normalmente são vendidos a preços 3 a 4 vezes mais caros que os dos produtos convencionais, mas a melhor qualidade, particularmente em relação à textura da fruta, tem assegurado uma demanda suficiente para sua viabilização comercial (FELLOWS, 2006).

Diante do exposto, o objetivo da revisão sistemática de literatura foi discutir o papel promissivo do processo de alta pressão hidrostática como uma tecnologia emergente no processamento de alimentos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A seguinte revisão sistemática de literatura foi realizada durante o primeiro semestre de 2014, a partir de uma pesquisa bibliográfica em bancos de dados eletrônicos e livros disponíveis na biblioteca da Universidade Estadual Paulista – Campus de Araçatuba.

Como base de dados eletrônicos, utilizou-se o Pubmed, o Google Acadêmico, o Brazilian Journal of Food Technology, e o Scielo. As estratégias de pesquisa diferiram conforme o banco de dados. No Google Acadêmico e no Brazilian Journal of Food Technology, foram utilizados nos campos de busca os termos “alta”, “pressão” e “hidrostática”. Já no PubMed e Scielo foram utilizados “high”, “hydrostatic” e “pressure”, sendo no primeiro banco de dados também incluído o termo *food*.

Quanto aos livros, foram selecionados aqueles que, pertinentes ao tema *alimentos*, possuíam o tópico: “alta pressão hidrostática”.

O acervo bibliográfico utilizado nessa revisão sistemática de literatura foi selecionado conforme o título, resumo e disponibilidade.

Outros artigos e livros não incluídos nas buscas acima citadas também foram utilizados para um maior embasamento teórico dessa revisão.

3 RESULTADOS

Após a pesquisa bibliográfica, foram selecionados para a revisão sistemática de literatura 9 artigos científicos e 4 livros. Os artigos e livros são especificados nas tabelas a seguir (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Artigos selecionados para a revisão sistemática de literatura

Título do Trabalho	Autor	Ano
Efeitos da alta pressão hidrostática nos alimentos: Aspectos físico-químicos	Coelho	2002
Efeito da alta pressão hidrostática sobre a inativação de microrganismos	Lavinas <i>et al.</i>	2007
Efeito da alta pressão hidrostática nos microrganismos	Ferreira <i>et al.</i>	2008
Alterações oxidativas (cor e lipídios) em presunto de peru tratado por Alta Pressão Hidrostática (APH)	Mathias <i>et al.</i>	2010
Aplicação de alta pressão hidrostática em presuntos fatiados embalados à vácuo: uma revisão	Vanin	2010
Efeitos da alta pressão hidrostática sobre a cor, textura e qualidade sensorial da carne da cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman crocodilus yacare</i>) resfriada	Canto	2011
Review on the High Pressure Technology (HPT) for Food Preservation	Kadam <i>et al.</i>	2012
Aplicação da tecnologia de alta pressão na conservação de um produto cárneo transformado em Portugal	Mendonça	2012
Efeito da tecnologia de alta pressão hidrostática nas características microbiológicas e físicas da tripa natural de suíno	Martins	2014

Tabela 2. Livros selecionados para a revisão sistemática de literatura

Livro	Autor	Edição	Editores	Páginas	Ano
Fundamentos de Tecnologia de Alimentos	Baruffaldi e Oliveira	-	Editora Atheneu	51 – 52	1998
Tecnologia do Processamento de Alimentos	Fellows	2ª	Editora Artmed	227 – 233	2006
Handbook of Food Preservation	Palou <i>et al.</i>	2ª	Editora CRC Press	815 – 848	2007
Ferramentas da Ciência e Tecnologia para a Segurança do Alimento	Fontes e Ramos	-	Embrapa Agroindústria Tropical	88 – 92	2008

4 DISCUSSÃO

4.1 Processamento e Equipamentos

Na tecnologia da alta pressão hidrostática os alimentos são expostos, embalados ou a granel, a pressões entre 100 e 800 MPa (sendo que 1 MPa equivale a 1000 atm). O processamento pode ser seguido ou não do aumento da temperatura (FDA, 2011).

Diferentemente dos processos térmicos, que constituem um sistema bidimensional (tempo x temperatura), nas altas pressões, inclui-se também o fator pressão, estabelecendo, dessa forma, um sistema tridimensional (pressão x tempo x temperatura) (MENDONÇA, 2012).

Processamento na embalagem ou processamento a granel são os dois modos de processamento de alimentos submetidos à APH. O processamento em embalagens requer materiais flexíveis e resistentes, uma vez que a redução de volume dos alimentos durante o procedimento (devido às pressões muito elevadas) pode fazer com que embalagens não flexíveis sofram estresse e distorção, comprometendo o produto final. Mais pesquisas são necessárias quanto às embalagens ideais, porém, até o momento os *pouches* (embalagens de plástico) se apresentam compatíveis ao processo. O manejo dos produtos é realizado automaticamente por equipamentos. Além da limitação quanto às embalagens e ao manuseio, esse método de processamento também exige um maior tempo no tanque de pressão quando comparado ao a granel. Por outro lado, diminui-se muito o risco de contaminação após o processamento, é viável tanto para alimentos sólidos quanto líquidos e também de fácil limpeza. O processamento a granel, por sua vez, permite um manuseio mais simples dos materiais, não exige embalagens específicas e o processo é realizado em um período menor de tempo. Como desvantagens, somente alimentos bombeáveis são permissíveis no sistema, há a necessidade de assepsia de todos os componentes da unidade de produção que possam entrar em contato com os alimentos e de assepsia também no processo de enchimento das embalagens (FELLOWS, 2006).

Uma unidade de produção para tratamento por altas pressões é composta por um sistema de manuseio de materiais, uma estrutura fornecedora de pressão, um

instrumento controlador de temperaturas, um tanque de pressão e seu revestimento (FELLOWS, 2006).

Durante o processamento, depois que o tanque é fechado, todo o ar é retirado e substituído por um meio de transmissão de pressão, que no caso da APH, é a água, embora óleo também possa ser utilizado para essa função (FELLOWS, 2006). A alta pressão pode ser criada por meio de dois métodos: por compressão direta ou por compressão indireta. No primeiro, o meio de transmissão é bombeado ao tanque diretamente por um pistão de grande diâmetro que comprime esse meio (Figura 1). Na compressão indireta, por sua vez, a alta pressão é gerada a partir de um intensificador que bombeia o meio transmissor do seu reservatório para o interior do tanque (HANDBOOK, 2007).

Uma camisa envolve o tanque de pressão com o objetivo de provocar o aquecimento ou resfriamento do processo. É a partir dessa camisa que o controle de temperatura é efetuado quando a aplicação dessa temperatura precisa ser constante. Do contrário, quando há uma alternância na temperatura, utiliza-se um trocador de calor intermitente (FELLOWS, 2006).

4.2 Efeitos da APH em microrganismos

O êxito da APH, segundo Martins (2014), quanto à inativação de microrganismos é influenciada por elementos dos microrganismos, pelo processamento ao qual o mesmo é submetido e por suas características.

Até pressões entre 20 e 30 MPa, praticamente todos os microrganismos conseguem se desenvolver. Barófilos, barófilos, euribáricos e badúricos são termos utilizados quanto à classificação dos microrganismos no que se refere à sobrevivência dos mesmos em diferentes pressões. Barófilos são inábeis para crescer em valores 30 – 40 MPa, barófilos são capazes de resistir a valores mais altos (40 - 50 MPa), os euribáricos em intervalo de 1 - 50 MPa e os badúricos conseguem superar os 50 MPa até 200 MPa, porém, sem se multiplicar (MENDONÇA, 2012).

A eficácia da tecnologia na inativação de agentes patogênicos está mais ligada à intensidade com que é aplicada a pressão do que com o período em que a mesma é exercida. A inativação microbiana é induzida conforme o aumento da pressão, independente (a partir de certos valores) do tempo (MENDONÇA, 2012).

Fatores intrínsecos aos microrganismos determinam a resistência dos mesmos ao processo sob altas pressões, fazendo com que essa resistência varie muito de microrganismo para microrganismo. Os principais fatores que interferem na inativação são o pH e a atividade de água. Fatores ainda incluem o tipo de microrganismo, a fase de crescimento, a existência de antimicrobianos e a composição do meio (FERREIRA *et al.*, 2008).

O processamento da APH provoca nos microrganismos os efeitos de alongamento das células, compressão e rompimento dos vacúolos, contração e separação das membranas celulares, alteração da permeabilidade da membrana, inativação de enzimas celulares, modificação das estruturas e substâncias intercelulares, rompimento e extravasamento celular (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

Conforme relata Ferreira *et al.* (2008), ainda que as informações sobre a sensibilidade dos fungos em relação às altas pressões sejam escassas, sabe-se que as hifas e os conídios são mais sensíveis, ao passo que os ascósporos apresentam maior resistência. No que se refere às micotoxinas pré-formadas, o resultado não se mostra muito eficiente, uma vez que a tecnologia possui pouca ação nas ligações covalentes.

**QUADRO 1 - EXEMPLOS DE INATIVAÇÃO DE MICRORGANISMOS
POR ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA**

Microrganismo	Substrato	Tratamento	Inativação (ciclos logarítmicos)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Leite de vaca	500 MPa, 15 min, 25°C	3,4
	Leite UHT	600 MPa, 30 min, 20°C	3,0
	Tampão fosfato	600 MPa, 15 min, 20°C	2,2
	Tampão fosfato	400 MPa, 20 min, 20°C	9,0
	Carne de vaca	500 MPa, 15 min, 55°C	2,0
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Suco de laranja (pH 3,9)	550 MPa, 5 min, 30°C	7,0
	Carne de ave	700 MPa, 30 min, 20°C	3,0
<i>Escherichia coli</i> MG1655	Leite	500 MPa, 15 min, 20°C	1,4
<i>Listeria monocytogenes</i> NCTC 11994	Tampão fosfato	375 MPa, 15 min, 20°C	2,0
<i>Listeria monocytogenes</i> NCTC 2433	Tampão fosfato	375 MPa, 15 min, 20°C	6,0
<i>Listeria monocytogenes</i> NCTC 11994	Geléia de maçã	200 MPa, 5 min, 20°C	2,8
<i>Listeria monocytogenes</i>	Leite UHT	340 MPa, 60 min, 23°C	7,0
<i>Listeria innocua</i> CECT 910	ovo	450 MPa, 10 min, 20°C	6,63
<i>Salmonella typhimurium</i>	Tampão fosfato	400 MPa, 15 min, 20°C	6,2
<i>Salmonella enteritidis</i>	Tampão fosfato	500 MPa, 1 min, 20°C	7,0
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Molho de espaguete	253 MPa, 10 min, 25°C	3,0
<i>Campylobacter jejuni</i>	Carne suína	30 MPa, 10 min, 25°C	6,0

Fonte: LAVINAS, 2007

O Quadro 1 exemplifica alguns microrganismos que já foram pesquisados sob o processamento da APH, juntamente com os meios (alimentos ou não), valores de pressão, tempo e temperatura a que cada experimento foi conduzido, além da inativação dos microrganismos derivada dos estudos.

4.3 Efeitos da APH nos alimentos

A eficiência da APH, segundo Martins (2014), depende de fatores tanto do próprio alimento, quanto relacionados ao ambiente em que o alimento é mantido previamente ou no decorrer do processamento. Dentre os fatores do próprio alimento, podem-se citar pH, potencial de oxirredução, atividade de água, estrutura física, existência de agentes antimicrobianos e nutrientes presentes. Quanto aos fatores ligados ambiente em que o alimento é exposto, pode-se incluir o tipo e quantidade de microrganismos presentes, os métodos de conservação utilizados, assim como os valores de pressão, tempo e temperatura utilizados durante o procedimento.

A alta pressão não acomete as ligações químicas covalentes. Uma vez que só as ligações não-covalentes são atingidas, a inativação de microrganismos pode ser efetiva poupando alterações em moléculas responsáveis por características dos alimentos como textura ou sabor (FELLOWS, 2006).

Diversos tipos de alimentos vêm sendo estudados como uma forma de aprimorar a tecnologia e também estabelecer parâmetros em que a eficácia do processamento, tanto em termos tecnológicos quanto em termos microbiológicos, seja atendida. A Tabela 3 exemplifica algumas das pesquisas já realizadas em produtos de origem animal.

Conforme afirma Coelho (2002), proteínas, lipídios e polissacarídeos são alguns dos mais importantes constituintes dos alimentos em que o tratamento sob APH provoca modificações. Essas transformações causam alterações nas propriedades físicas desses elementos, fornecendo novas características quanto à consistência, viscosidade, coloração entre outros. Em relação às proteínas, ocorre a agregação, a geleificação e a estabilização de géis. Nos amidos, ocorre a gelatinização e a preservação da estrutura globular. Os efeitos são mínimos no que se refere aos elementos de sabor e aroma e ausentes sobre os pigmentos naturais (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). Vitaminas e aminoácidos, em sua grande

maioria, não sofrem modificações quando submetidos a altas pressões (MENDONÇA, 2012).

Tabela 3. Exemplos de produtos de origem animal em que a aplicação da APH foi estudada

Produto	Pressão (MPa)	Tempo de exposição (min)	Temperatura (°C)	Referência
Carne curada seca “Cecina de Leon”	500	5	18	Rubio et al, 2007
Presunto curado seco	600	5	15	Hereu et al, 2011
Produtos de salsicharia fermentados e seco (início da fase de maturação)	300	10	17	Garriga et al, 2003
Produtos de salsicharia fermentados e seco (fim da fase de maturação)	400	10	17	Garriga et al, 2003
Chouriço espanhol fermentado seco	350	15	20	Ruiz-Capillas et al, 2007
Tripa natural de suíno	400	30		Martins, 2014
Carne de jacaré	200 – 400	10	20	Canto, 2011
Bacalhau	200	5 – 30	4 e 20	Fidalgo, 2011
Cavala	150 – 450	2,5 e 5		Fidalgo, 2011
Filés de peito de frango	200	5	10	Oliveira, 2011
Filés de peito de frango	300	5	10	Oliveira, 2011

Na tecnologia de APH, os nutrientes são favorecidos devido ao processamento ter a capacidade de operar em temperaturas ambientes, em temperaturas de refrigeração ou ainda em temperaturas elevadas (não tão elevadas quanto aos padrões utilizados em tratamentos térmicos convencionais). Essa característica da intensidade de temperatura a qual os alimentos são expostos é o principal fator pelo sucesso da tecnologia, por evitar que haja a deterioração de compostos ligados às características organolépticas de cada alimento (FELLOWS, 2006).

4.4 Vantagens da APH

Uma das principais vantagens oferecidas pela alta pressão hidrostática nos alimentos, como foi citado por toda a literatura pesquisada, é a permanência de atributos nutritivos, funcionais e sensoriais, quando comparado a tratamentos térmicos tradicionais. Essa vantagem vai de encontro à demanda de mercado que exige produtos com qualidade cada vez mais elevadas tanto no ponto de vista tecnológico quanto no de segurança do alimento.

No que diz respeito à microbiologia do processo, apesar da tecnologia ainda necessitar de muitas pesquisas quanto à forma de inativação dos microrganismos, Kadam *et al.*, (2012) afirmam que o tratamento é eficiente igualmente em bactérias, vírus e bolores.

Como a pressão é distribuída uniformemente e instantaneamente por todo o alimento, o processo evita que o mesmo sofra deformação. Além disso, a APH, diferentemente dos processos térmicos, independe do volume do produto, o que confere um tempo de processamento mais reduzido comparado a outros métodos (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). O tempo de processamento também é citado por Fellows (2006), onde o autor enfatiza que a diminuição no tempo de processamento ocorre devido à tecnologia não necessitar do tempo decorrido das etapas de aquecimento e resfriamento e em razão, também, do próprio ciclo de pressurização e despressurização serem rápidos.

Quanto à uniformidade do processo, para Fellows (2006) essa característica soluciona a falta da mesma em outros tratamentos como falta de uniformidade encontrada em processamentos como, por exemplo, o aquecimento por condução ou por convecção ou aquecimento radiante.

Outra vantagem extremamente importante nos dias de hoje é o fato das altas pressões serem um método de processamento considerado limpo por não produzir resíduos e, devido ao próprio princípio da tecnologia, consegue reduzir o consumo de energia (VANIN, 2010).

Ademais, as alterações provocadas nos microrganismo e a inativação enzimática proporcionam uma maior vida de prateleira ao produto (VANIN, 2010).

4.5 Desvantagens da APH

Indiscutivelmente, a maior desvantagem no processamento da alta pressão hidrostática é o alto custo da tecnologia. Toda a bibliografia utilizada para realizar a presente revisão, afirma que a implementação de todo o equipamento necessário para a realização dos procedimentos sob altas pressões é de valor elevado.

Vanin (2010) aponta outros fatores que limitam a aplicação da APH. Dentre eles, o fato de alguns tipos de alimentos, como verduras e frutas, não tolerarem as altas pressões, uma vez que sofrem alterações de sua forma e aspectos originais. A autora relata a resistência em se comprar produtos processados sob novas

tecnologias por parte dos consumidores e menciona, também, que produtos que apresentam prejuízos quando submetidos a processamentos térmicos tradicionais e que possuem um alto valor agregado, como o presunto fatiado, possuem uma aplicabilidade mais praticável da APH.

Apesar dos benefícios já comprovados advindos do emprego de altas pressões, Ferreira *et al.* (2008) lembram que os resultados desse tipo de tratamento não térmico dependerão do produto, o que exige, portanto, uma cautela quando se estabelecer as circunstâncias do processo.

Dentre as desvantagens, inclui-se também a transferência da escala piloto para escala industrial. Para isso, há a necessidade de expansão de todos os instrumentais necessários para a aplicação da APH (englobando uma maior sanitização, materiais mais resistentes e de baixo valor, um controle de temperatura mais eficiente e maquinários mais automatizados). As embalagens são outro ponto crítico quando se utiliza o processamento sob altas pressões, uma vez que as mesmas necessitam ser resistentes ao tratamento e, igualmente, serem apropriadas a alimentos tanto sólidos quanto líquidos (COELHO, 2002).

Conforme a tecnologia da APH se expande, para cada tipo de alimento há a necessidade de se estabelecer parâmetros de tempo, temperatura e pressão. As escassas informações sobre normas de uso, noções científicas e tecnológicas específicas para cada produto são, até então, deficiências enfrentadas pela tecnologia de alta pressão (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

4.6 Perspectiva de mercado

Apesar de ser complicado realizar um prognóstico de uso da alta pressão hidrostática, como afirma Coelho (2002), a crescente demanda de um produto com maior qualidade (qualidade, entenda-se aqui, que se confere aproximando as características sensoriais e nutricionais dos alimentos processados dos alimentos *in natura*) faz com que haja um progresso no desenvolvimento de tecnologias não térmicas. Além de conservar as características de qualidade, a APH também possui a capacidade de expansão na criação de texturas e sabores novos em produtos já existentes (FONTES e RAMOS, 2008).

Segundo Coelho (2002), apesar da efetividade da tecnologia ser conhecida, a aplicação somente se justifica em alimentos de alto valor agregado, onde o investimento poderia ter um retorno financeiro.

A eficácia da aplicação das altas pressões não impede que as mesmas se tornem tecnologias únicas no processamento de alimentos. Fontes e Ramos (2008) alegam que há a propensão de ambas as tecnologias, térmicas e não térmicas, atuarem em conjunto, como uma forma de diminuir as sequelas existentes no produto devido ao emprego de calor e assegurar uma maior segurança do alimento, conferindo um produto final de maior qualidade. Fellows (2006), por sua vez, garante que a união de tecnologias poderá conferir o desenvolvimento de novos produtos e processos.

As perspectivas do desenvolvimento no mercado também dependem de pesquisas voltadas à APH, onde possa suceder a transferência de dados já coletados em processamentos pilotos para uma escala industrial. Da mesma forma, as pesquisas são necessárias para determinar valores de tempo, temperatura e pressão durante o tratamento sob altas pressões (VANIN, 2010). Segundo Lavinias (2007), o aprimoramento tecnológico a partir das pesquisas possibilitará uma dedução dos custos do processo.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se, que embora as desvantagens (principalmente o custo de implantação) ainda sejam empecilho, a APH é uma tecnologia promissora. Contudo, é importante enfatizar que estudos ainda são necessários para que sejam estabelecidos valores padronizados de tempo, pressão e temperatura para cada tipo de produto para a eficiência tanto tecnológica quanto microbiológica do processo.

REFERÊNCIAS

ANANOU, S., GARRIGA, M., JOFRÉ, A., AYMERICH, T., GÁLVEZ, A., MAQUEDA, M., MARTÍNEZ-BUENO, M., VALDIVIA, E. (2010). **Combined effect of enterocin AS-48 and high hydrostatic pressure to control food-borne pathogens inoculated in low acid fermented sausages**. Meat Science, vol 84, pp. 594-600.

BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. Ed. Atheneu. 1998, p. 51- 52.

CAMPOS, F.; DOSUALDO, G.; CRISTIANINI, M. **Utilização da Tecnologia de Alta Pressão no Processamento de Alimentos**. In: Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, 2003.

CANTO, A. **Efeitos da Alta Pressão Hidrostática sobre a cor, textura e qualidade sensorial da carne da cauda de jacaré-do-pantanal (Caiman crocodilus yacare) resfriada**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Medicina Veterinária, 2011.

COELHO, G.L.V. **Efeitos da alta pressão hidrostática em alimentos: aspectos físico-químicos**. Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra, v.21, n.1, p.105-110, 2002.

FDA. **Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. High Pressure Processing**. U. S. Food and Drug Administration. 2011. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm101456.htm>> Acesso em: 17 de Maio, 2014.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 602.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 227 – 233.

FERREIRA, E. H. R.; MASSON, L. M. P.; ROSENTHAL, A. **Efeito da alta pressão hidrostática nos microrganismos**. B.CEPPA, Curitiba, v. 26, n. 1, p. 135- 150, 2008.

FIDALGO, L. G. **Efeito da alta pressão em demolha de bacalhau e enzimas de cavala**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, curso de Química, 2011.

FONTES, R., RAMOS, E. **Ferramentas da Ciência e Tecnologia para a Segurança dos Alimentos**. 2008, p.88- 92.

FOOD SAFETY. LEISTNER, L.; GORRIS, L.G.M. Food preservation by hurdle technology. **Trends in Food Science & Technology**, v.6, p.41-45, fev.1995. Disponível em: http://foodsafetyinfo.net/food_board/data/food_board9/Hurdle%20technology.pdf. Acesso em: 15 maio de 2014.

GARRIGA, M., Marcos, B., Aymerich, T., Hugas, M. **Prospectiva de aplicación de altas presiones para la minimización de riesgos asociados a Salmonella y Listeria monocytogenes en embutidos madurados en frio**. Eurocarnes: 2003, vol. 12, pp. 1-6.

HEREU, A., Bover-Cid, S., Garriga, M., Aymerich, T. **La teoría de obstáculos como estrategia para incrementar la seguridad alimentaria en jamón curado loncheado**. Eurocarnes: 2010, vol. 192; pag. 52-59.

HEREU, A., Bover-Cid, S., Garriga, M., Aymerich, T. **High hydrostatic pressure and biopreservation of dry-cured ham to meet the food safety objectives for Listeria monocytogenes**. International Journal of Food Microbiology. 2011.

HITE. **The effect of pressure in the preservation of milk**. Disponível em: <https://archive.org/details/effectofpressure58hite>. Acesso em: 17 abril 2014.

KADAM PS, Jadhav BA, Salve RV, Machewad GM. **Review on the High Pressure Technology (HPT) for Food Preservation**. 2003.

LAVINAS, F. C.; LOPES, M. L. M.; MESQUITA, V. L. V. **Efeito da Alta Pressão Hidrostática sobre a Inativação de Microrganismos**. B.CEPPA, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 25-36, 2007.

MARTINS, C. F. **Efeito da tecnologia de alta pressão hidrostática nas características microbiológicas e físicas da tripa natural de suíno**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Instituto Superior de Agronomia Lisboa, 2013.

MATHIAS, S. P.; ROSENTHAL, A.; GASPAR, A.; DELIZA, R.; SLOGO, A. P.; VICENTE, J.; MASSON, L. M.; BARBOSA, C. **Alterações oxidativas (cor e lipídios) em presunto de peru tratado por Alta Pressão Hidrostática (APH)**. Ciência Tecnologia dos Alimentos. Campinas. 2010, p 852- 857.

MENDONÇA, M. **Aplicação da tecnologia de alta pressão na conservação de um produto cárneo transformado em Portugal**. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4041/1/Aplicacao%20da%20tecnologia%20de%20alta%20pressao%20na%20conservacao%20de%20um%20produto%20carneo%20transformado%20em%20Portugal.pdf>. Acesso em: 23 mai, 2014.

NOVAES, S. F. **Influência das novas tecnologias de conservação sobre os alimentos de origem animal**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Faculdade de Veterinária. 2012.

OLIVEIRA, B. **Efeito da aplicação da alta pressão hidrostática em filés de peito de frango tipo caipira (Pescoço Pelado) estocados sob refrigeração**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, 2011.

PALOU, E.; LOPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; SWANSON, B. G. **Handbook of food preservation**. 2ed. Editora CRC Press. 2007, p. 815- 848.

RAHMAN, M. **High – Pressure Treatment in Food Preservation**, p. 815- 848.

Disponível em: http://books.google.com.br/books?id=sKgtq62GB_gC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=high%20pressure&f=true. Acesso em: 23 mai. 2014.

RAMOS, E. M. *et al.* **Tratamento de alimentos por alta pressão hidrostática: 1 – equipamentos e processos**. Boletim da SBCTA, v. 37, p. 46-53, 2003. Suplemento 1.

RUBIO, B., Martínez, B., García-Cachán M.D., Rovira, J., Jaime, I. (2007). **Effect of High pressure preservation on quality of dry cured beef “Cecina de Leon”**. Innovative Food Science & Emerging Technologies, vol. 8, pp. 102- 110.

RUIZ-CAPILLAS, C., Colmenero, J.F., Carrascosa, A.V., Muñoz, R. (2007). **Biogenic amine production in Spanish dry- cured “chorizo” sausage treated with high pressure and kept in chilled storage**, Meat Science, vol. 77, pp. 365-371.

UFRGS. VANIN, N. **Aplicação de Alta Pressão Hidrostática em presuntos fatiados embalados a vácuo: uma revisão**. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28422>. Acesso em: 12 mai. 2014.

UNICAMP. Base Alimentarium. Produção Científica da Faculdade de Engenharia de Alimentos. **Desenvolvimento de suco de abacaxi (Ananas comosus (L.) Merrill) através da tecnologia de alta pressão hidrostática**. Disponível em: http://volans.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=265. Acesso em: 13 mai. 2014.