

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**APLICAÇÃO DE ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA EM PRESUNTOS FATIADOS  
EMBALADOS A VÁCUO: UMA REVISÃO**

Natália Ghinzelli Vanin

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Rios

Co-orientadora: Prof. Dra. Rosane Rech

Porto Alegre  
2010

**APLICAÇÃO DE ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA EM PRESUNTOS FATIADOS  
EMBALADOS A VÁCUO: UMA REVISÃO**

Natália Ghinzelli Vanin

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

.....  
Alessandro de Oliveira Rios (Orientador)  
Doutor em Ciência dos Alimentos  
ICTA/UFRGS

.....  
Voltaire Sant'Anna  
Engenheiro de Alimentos  
Mestre em Microbiologia agrícola  
e do ambiente/UFRGS

.....  
Simone Hickman Flôres  
Doutora em Engenharia de Alimentos  
ICTA/UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço meus pais, Mari e Henrique, pelos ensinamentos, pela confiança e pelo apoio que sempre foram transmitidos com muito amor.

À minha maninha, Nicole, que mesmo distante transmite em sua voz meiga e amiga muito carinho, afeto e alegria.

Ao Johnnie, meu namorado, pelo apoio, compreensão, paciência e dedicação.

Ao meu Orientador e grande amigo, Alessandro, agradeço principalmente pela orientação, paciência, apoio, críticas e sugestões, pelo exemplo de profissional e pela contribuição para minha formação.

Agradeço aos Professores do ICTA pela dedicação e competência na formação de profissionais.

Aos meus amigos de Antônio Prado, que tornaram minhas folgas momentos de muita alegria, ao pessoal da Perdigão, que me apoiou nesta idéia, e aos colegas da Alimentos: Daiane, Claudia, Ícaro, Débora, Nicole, Tâmmila, Juliana, Paula, Rosana, Jaslin, João e Vanessa pelos momentos de descontração e muita festa.

## RESUMO

Produtos cárneos são ricos em nutrientes e, por isso podem abrigar uma série de microrganismos. A Alta Pressão Hidrostática (APH) consiste de uma tecnologia inovadora que promove o aumento da vida de prateleira, sem alterar as características sensoriais e nutricionais, permitindo a obtenção de produtos com elevada qualidade e grande capacidade de preservação e ainda, minimizando a necessidade da utilização de aditivos químicos. A eliminação de microrganismos patógenos é de suma importância, pois está diretamente relacionada com a saúde do consumidor; já a de bactérias deteriorantes, permite que o produto permaneça por um período mais longo em boas condições para o consumo. Neste trabalho, foram abordadas diversas situações em que a tecnologia da APH foi utilizada, desde o aumento da vida de prateleira até a manutenção de características sensoriais do produto tais como a cor. Foi possível verificar que quando submetido ao tratamento de APH, amostras de presunto fatiado embalado a vácuo, tiveram o prolongamento da vida de prateleira em até 40 dias, ou seja, aproximadamente o dobro do tempo de conservação obtido comercialmente com as tecnologias atuais. Quando testada a preferência sensorial dos consumidores em relação ao presunto tratado com APH e outros sem este tratamento, os resultados demonstraram maior interesse pelo presunto submetido a altas pressões, principalmente devido à melhoria de textura do produto. Com a utilização desta tecnologia as indústrias de presuntos fatiados embalados a vácuo ainda podem reduzir o tempo de processamento em cerca de 24 horas, facilitando também a logística de seus produtos.

**Palavras-chave:** Alta Pressão Hidrostática, presunto, vida de prateleira.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Alterações da molécula de mioglobina.....	14
Figura 2. Injetora de salmoura multiagulhas.....	20
Figura 3. Ilustração da injeção de salmoura.....	20
Figura 4. Tumbler.....	21
Figura 5. Porcionamento de fatiados.....	24
Figura 6. Fluxograma atual de processamento de presuntos.....	26
Figura 7. Curva de crescimento de microrganismos. ....	28
Figura 8. Diagrama esquemático do equipamento de APH em escala laboratorial...36	
Figura 9. Diagrama esquemático do equipamento de APH em escala industrial .....37	
Figura 10. Comparativo do índice de qualidade durante a vida de prateleira de presunto fatiado submetido e não submetido a APH. ....	49
Figura 11. Comparativo dos sinais de deterioração entre um Rosbife submetido e não submetido a APH. ....	51
Figura 12. Fluxograma sugerido de processamento de presuntos.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores mínimos de $a_w$ para o crescimento de cada tipo de microrganismo .....	31
Tabela 2. Classificação de microrganismos em relação à temperatura .....	33
Tabela 3. Parâmetros cinéticos de inativação microbiana por alta pressão .....	39
Tabela 4. Efeito da Alta Pressão sobre <i>E. coli</i> 157:H7 em diferentes meios.....	40
Tabela 5. Aplicações industriais da tecnologia APH no Japão frente a enzimas. ....	41
Tabela 6. Vida de prateleira de amostras de presunto fatiado embalado a vácuo submetidos à APH e amostra de presunto controle. ....	46
Tabela 7. Produtos disponíveis no mercado tratados com a alta pressão hidrostática .....	52

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. DEFINIÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS EMBUTIDOS .....	10
3. TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE PRESUNTO.....	11
3.1. Matérias-primas.....	11
3.1.1. Carne.....	11
3.2. Ingredientes.....	12
3.2.1. Cloreto de sódio.....	12
3.2.2. Água.....	13
3.2.3. Nitritos e nitratos .....	13
3.2.4. Açúcar.....	15
3.2.5. Ascorbatos .....	15
3.2.6. Fosfatos e polifosfatos.....	16
3.2.7. Agentes ligantes .....	17
3.2.8. Condimentos .....	17
4. PROCESSAMENTO DE PRESUNTO .....	19
4.1. Recepção e armazenamento das matérias-primas .....	19
4.2. Preparo e injeção de salmoura .....	19
4.3. Moagem da matéria-prima.....	21
4.4. Tumbleamento.....	21
4.5. Embutimento .....	22
4.6. Cozimento.....	22
4.7. Resfriamento .....	22
4.8. Descasque .....	23
4.9. Fatiamento/Porcionamento .....	23
4.10. Embalagem primária.....	24
4.11. Embalagem secundária .....	24
4.12. Revisão .....	25

<b>5. FLUXOGRAMA DE PROCESSO .....</b>	<b>26</b>
<b>6. MICRORGANISMOS PRESENTES EM ALIMENTOS .....</b>	<b>27</b>
<b>7. FATORES DE INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO E MULTIPLICAÇÃO MICROBIANA .....</b>	<b>28</b>
<b>7.1. Fatores intrínsecos .....</b>	<b>29</b>
<b>7.1.1. pH .....</b>	<b>29</b>
<b>7.1.2. Atividade de água (<math>a_w</math>) .....</b>	<b>30</b>
<b>7.1.3. Potencial redox .....</b>	<b>31</b>
<b>7.1.4. Composição química .....</b>	<b>31</b>
<b>7.2. Fatores extrínsecos .....</b>	<b>32</b>
<b>7.2.1. Temperatura de armazenamento .....</b>	<b>32</b>
<b>7.2.2. Umidade relativa (U.R.) .....</b>	<b>33</b>
<b>7.2.3. Presença de gases no meio .....</b>	<b>34</b>
<b>8. TECNOLOGIA DE ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA (APH) .....</b>	<b>35</b>
<b>8.1. Efeito da APH sobre microrganismos .....</b>	<b>38</b>
<b>8.2. Efeito da APH sobre as enzimas .....</b>	<b>40</b>
<b>8.3. Efeito da APH sobre características físico-químicas e reações bioquímicas .....</b>	<b>41</b>
<b>8.4. APH aplicada a produtos cárneos .....</b>	<b>43</b>
<b>8.4.1. Efeito da APH sobre a vida de prateleira .....</b>	<b>44</b>
<b>8.4.2. Efeito da APH sobre a cor .....</b>	<b>47</b>
<b>8.4.3. Efeito da APH sobre características sensoriais .....</b>	<b>49</b>
<b>8.5. Produção de presunto utilizando APH industrialmente .....</b>	<b>51</b>
<b>8.6. Outras aplicações da APH .....</b>	<b>56</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A deterioração dos alimentos constitui desafio em toda a cadeia alimentar. Os consumidores de produtos cárneos exigem alta qualidade e conveniência. O processo de alta pressão representa alternativa tecnológica aos processos tradicionais de preservação de produtos cárneos (tais como a pasteurização e a esterilização), a fim de evitar sua contaminação após o processamento. Como o processo de alta pressão é mais brando (em relação às temperaturas utilizadas) é possível obter um produto final com melhores características sensoriais e nutricionais.

O uso desta tecnologia representa grande vantagem para a indústria alimentícia, pois além de prolongar a vida de prateleira e de não provocar alterações indesejadas no produto, também não agride o meio ambiente, podendo ser então considerada uma tecnologia limpa, de baixo impacto ambiental.

Apesar do tratamento por APH em alimentos ter apresentado grande evolução, sendo aplicado como alternativa prática ao tratamento térmico, seu custo ainda é elevado. Com o desenvolvimento tecnológico, a perspectiva é de que esses custos se tornem mais acessíveis, possibilitando o surgimento de maior número de produtos submetidos a esse tratamento. Desta forma, esta tecnologia apresenta grande potencial de utilização em nível industrial.

O primeiro produto processado por APH trata-se de geléia de frutas, o qual foi introduzido no mercado japonês em 1990 e, gradualmente, essa tecnologia surgiu para outros alimentos em diversos países como Estados Unidos, Canadá, México, Espanha e Japão. As principais aplicações da APH são para produtos cárneos, frutos, frutos do mar e sucos.

O objetivo desta revisão foi apresentar aspectos relacionados à aplicação da tecnologia de APH na conservação de alimentos, principalmente em produtos cárneos.

## **2. DEFINIÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS EMBUTIDOS**

De acordo com a Legislação Brasileira, o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), entende-se por embutido todo produto elaborado com carne ou órgãos comestíveis curados ou não, condimentado, cozido ou não, defumado e dessecado ou não, tendo como envoltório tripa, bexiga ou outro envoltório natural ou artificial, desde que aprovados pela Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) (BRASIL, 1952).

### **3. TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE PRESUNTO**

Entende-se por “presunto”, o produto cárneo industrializado obtido dos cortes do membro posterior do suíno, desossado ou não, e submetido ao processo térmico adequado. Quando o membro posterior utilizado não for de suíno, o produto será denominado de “presunto de” acrescido do nome da espécie animal de procedência. Trata-se de um produto curado, cozido ou semi-cozido, defumado ou não (BRASIL, 2000).

#### **3.1. Matérias-primas**

As matérias-primas utilizadas na fabricação de embutidos são muito variadas. Devem ser o mais puras, frescas e devidamente inspecionadas, a fim de garantir a qualidade e higiene dos produtos (VILLENA, 1982).

As características organolépticas dos produtos finais são dependentes da natureza e proporção das matérias-primas (ORDONÉZ, 2005).

##### **3.1.1. Carne**

O tipo de carne a ser utilizada depende da qualidade e variedade do produto a ser obtido, pode ser de peru, suíno ou frango. Para produtos com menor valor comercial podem ser utilizados retalhos de coxa, peito e pernil, já para produtos nobres são utilizadas matérias-primas apenas separadas dos músculos, tendões, nervos e excesso de gordura (ORDONÉZ, 2005).

Em geral, prefere-se a carne dos animais adultos para embutidos maturados e a de animais mais jovens para produtos cozidos. Carnes de animais jovens e recém abatidos apresentam maior capacidade de retenção de água e maiores quantidades de proteína miofibrilar (miosina) na forma livre, o que favorece no rendimento do produto final (ORDONÉZ, 2005).

Em consequência da comercialização em grande escala, são poucas as indústrias que dispõem de carne recém-abatida para elaboração de seus produtos e por isso, normalmente, a matéria-prima é congelada até o momento de ser utilizada, apesar da perda de água decorrente deste processo (ORDONÉZ, 2005).

## 3.2. Ingredientes

Os ingredientes comumente utilizados são sal, açúcar, água, condimentos e especiarias, além de antioxidantes, conservadores, aromas e corantes (VILLENA, 1982).

### 3.2.1. Cloreto de sódio

O sal tem participação muito importante no processo de solubilização das proteínas da carne. As proteínas sarcoplasmáticas e as miofibrilares são solúveis em soluções salinas. Portanto, o sal tem importância fundamental na solubilização das proteínas do interior do músculo para a superfície (PARDI *et al.*, 1996). A extração e a solubilização destas proteínas musculares contribuem para a liga da partícula da carne, para a emulsificação da gordura e para o aumento da capacidade de retenção de água. Ainda, reduz as perdas por cozimento e melhora a textura do produto (PARDI *et al.*, 1996).

O aumento da solubilidade das proteínas musculares ocorre através do aumento da força iônica, favorecendo assim a manifestação das suas propriedades tecnológicas (poder emulsificante, ligante e outros). Quando a miosina, a actina e a actomiosina são aquecidas em um meio de força iônica elevada, formam uma estrutura firme, enquanto na ausência de sal, produz-se uma estrutura esponjosa de pouca resistência (ORDONÉZ, 2005).

O sal também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das propriedades sensoriais, contudo o uso isolado de sal resulta em produtos secos, de textura inadequada e de baixa palatabilidade, apenas com sabor salgado. Pode ocorrer a oxidação do pigmento mioglobina, produzindo cor escura (metamioglobina) que não é aceita pelo consumidor e, portanto indesejável (ORDONÉZ, 2005).

A ação do sal através da desidratação e modificação da pressão osmótica inibe o crescimento microbiano, porém tal efeito inibitório não é consequência somente da diminuição da atividade de água, mas também devido aos íons  $\text{Na}^+$ . Com algumas exceções, microrganismos que são sensíveis a níveis reduzidos de atividade de água também são sensíveis à inibição por íons  $\text{Na}^+$  (VARNAM; SUTHERLAND, 1998).

A quantidade de sal utilizada em salmouras ou misturas secas pode variar consideravelmente. Geralmente o teor de sal é auto-limitante, pois teores de sal muito elevados resultam em produtos muito salgados, assim como pouco sal pode resultar em extração insuficiente de proteínas (HU *et al.*, 2001).

### **3.2.2. Água**

Segundo Villena (1982) é muito importante a utilização de água na formulação de embutidos, porém sem excesso para não alterar a relação água/proteína, que é considerada uma constante biológica na proporção de 4:1.

Além de favorecer a incorporação de aditivos e ingredientes, a água ainda é conhecida como o meio universal onde ocorrem as reações biológicas, assim as reações que ocorrem durante a refrigeração, armazenamento e processamento são altamente influenciadas pela presença de água (PRICE; SCHWEIGERT, 1994).

As miofibrilas têm capacidade de retenção de água, pois formam um retículo tridimensional de filamentos, e desta forma, a quantidade de água imobilizada depende do espaço entre os filamentos. Quanto maior o espaço dos filamentos de actina e miosina maior será a capacidade de retenção de água (ROÇA, 2000).

O pH também exerce grande influência na capacidade de retenção de água, sendo que na faixa de pH próximo a 5,0 e 5,1 ocorre a menor retenção de água no músculo. Este valor é correspondente ao ponto isoelétrico das proteínas fibrilares no ambiente iônico normal da carne. Se o pH se encontra abaixo do ponto isoelétrico, é gerado um excesso de cargas negativas, que determinam a repulsão dos filamentos deixando maior espaço às moléculas de água e o mesmo ocorre se o pH estiver acima deste ponto (PRICE; SCHWEIGERT, 1994).

### **3.2.3. Nitritos e nitratos**

O nitrato de sódio ( $\text{NaNO}_3$ ) e o nitrito de sódio ( $\text{NaNO}_2$ ) são componentes obrigatórios nos processos de cura de carnes processadas. Tais compostos são considerados aditivos que atuam como conservadores de ação bacteriostática, capazes também de induzir a formação de um pigmento de cor vermelha que confere à carne um aspecto agradável, próprio do produto curado devido à ação sobre a mioglobina, com a formação de nitrosomioglobina (SILVEIRA, 1991). O

nitrito não possui atividade antioxidante, mas torna-se funcional quando ocorre redução para nitrito, atuando deste modo como um reservatório de nitrito, que é o responsável pelas reações de cor nos produtos (SEBRANEK; BACUS, 2007).

A nitrosomioglobina, de cor vermelho-róseo, é o pigmento responsável pela coloração atrativa encontrada nos produtos cárneos curados não tratados pelo calor. Frente ao tratamento térmico, a cor é estabilizada pela desnaturação da porção protéica da mioglobina, resultando na formação de composto altamente estável devido à formação de ligações covalentes, de cor rosa, denominado nitrosohemocromo (VARNAN; SUTHERLAND, 1995). Este pigmento, apesar de termoestável, é susceptível às reações de oxidação, que resultam na formação de porfirinas verdes, amarelas ou sem cor. A Figura 1 apresenta a passagem da oximioglobina a nitrosohemocromo em carnes processadas termicamente.

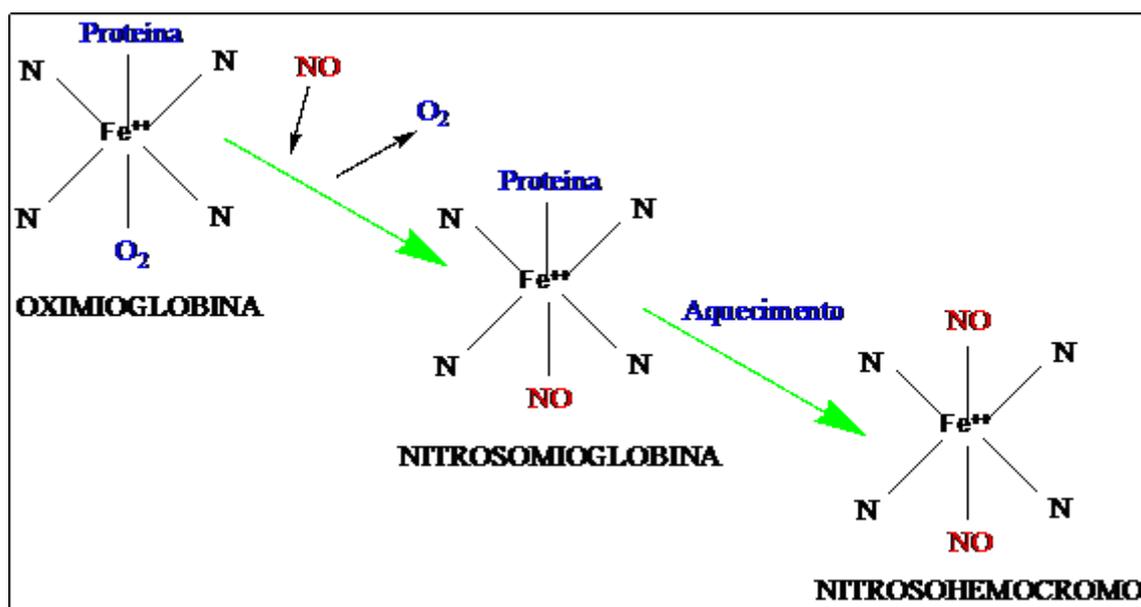


Figura 1. Alterações da molécula de mioglobina.  
Fonte: FARIA (2001)

A principal justificativa para o emprego do nitrito e do nitrato na elaboração de produtos cárneos se baseia no fato de que tais compostos previnem o aparecimento de formas vegetativas e impedem tanto a germinação quanto a multiplicação dos esporos de *Clostridium botulinum*, bem como a consequente produção de neurotoxinas responsáveis pelos quadros de botulismo (PARDI, 1994). Segundo Jay (2005) além de seu efeito antimicrobiano frente o *C. botulinum*, o nitrito também se mostra eficaz em relação a outros clostrídios, como o *Clostridium perfringens*.

O nitrito ainda é eficaz contra *Staphylococcus aureus* e sua ação aumenta à medida que o pH diminui. No entanto, é ineficaz contra enterobactérias, incluindo *Salmonella*, e bactérias lácticas (JAY, 2005).

Apesar dos inúmeros benefícios e das várias funções que o nitrito desempenha nos produtos cárneos, a segurança deste produto para a saúde humana tem sido questionada. O nitrito pode reagir com aminas secundárias e aminoácidos naturalmente presentes na carne formando as nitrosaminas, compostos considerados carcinogênicos (ZHANG *et al.*, 2007). Entretanto, a formação das nitrosaminas pode ser reduzida pela adição de ácido ascórbico e seus sais (TERRA, 1998).

Os níveis de  $\text{NaNO}_2$  necessários para ocorrência dos diversos efeitos do seu emprego em produtos cárneos variam de 10 a 50 ppm para o desenvolvimento de cor e de 150 a 200 ppm para que o efeito inibitório do *C. botulinum* seja alcançado (NETO, 2000). Os limites tolerados pela Legislação Brasileira para o uso de nitrito e nitrato de sódio são de 150 ppm e 300 ppm, respectivamente, em embutidos cárneos (BRASIL, 2006).

#### **3.2.4. Açúcar**

Os açúcares na forma de mono ou dissacarídeos são adicionados em quase todos os produtos cárneos em pequenas quantidades (0,05 a 0,5%) com objetivo de melhorar o sabor e mascarar o amargor dos sais de cura (PRÄNDL, 1994).

Por outro lado, o açúcar serve como fonte energética para alguns microrganismos desejáveis (lactobacilos e cocos catalase positiva) naturalmente presentes na carne ou provenientes de culturas adicionadas, que são responsáveis pela produção de ácidos, obtendo-se pH baixo, que estabiliza a mioglobina em caso de aquecimento e favorece a formação de pigmentos desejados em produtos cárneos (ORDOÑEZ, 2005).

#### **3.2.5. Ascorbatos**

O ácido ascórbico e o ácido eritórbico, assim como seus sais, são normalmente utilizados como coadjuvantes da cura (ORDOÑEZ, 2005).

Os ascorbatos são antioxidantes de uso permitido na elaboração de produtos cárneos (BRASIL, 1998). A função específica do antioxidante é retardar ou impedir a deterioração dos alimentos, notadamente óleos e gorduras, evitando a formação de ranço por processo de oxidação (GAVA, 1977). Têm como função reagir com os radicais livres de ácidos graxos ou de peróxidos e impedir a formação dos produtos responsáveis pela rancificação (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

Originalmente estes compostos eram usados para melhorar a cor da carne, e sua ação reside na capacidade de reduzir a metamioglobina em mioglobina e em potencializar a produção de óxido nítrico a partir de nitritos. No entanto, o mais importante dos efeitos dos ascorbatos é sua ação bloqueadora do desenvolvimento de nitrosaminas em carnes curadas (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; ORDOÑEZ, 2005).

### **3.2.6. Fosfatos e polifosfatos**

Os fosfatos atuam elevando o pH do meio, e com isso potencializam a capacidade de retenção de água e, ainda causa diminuição da retração do produto por ocasião do cozimento, tendo em vista menor perda de umidade (PARDI, 1994). Como conseqüência disso, o uso de fosfatos possibilita o aumento do rendimento de produtos embutidos cárneos (ORDOÑEZ, 2005). Segundo Ordoñez (2005), a melhoria dos rendimentos é mais efetiva quando se aumenta a temperatura do processamento.

Ainda, há uma melhora da cor e do aroma, aspectos importantes do ponto de vista comercial (PARDI, 1994). Isto se deve à ação antioxidante dos fosfatos, e provavelmente está relacionada à formação de complexos com metais pesados presentes em quantidades residuais como contaminantes dos sais de cura. Possivelmente tal ação deve-se a união dos íons ferrosos aos fosfatos, uma vez que o íon ferroso livre é um oxidante eficaz (ORDOÑEZ, 2005).

Aos fosfatos também são atribuídas propriedades como a melhoria da uniformidade e estabilidade da cor do produto final, proteção contra o escurecimento durante a armazenagem, atuação sinérgica com os ascorbatos contra a rancidez reduzindo a oxidação lipídica (PARDI, 1994).

Os fosfatos também agem como estabilizantes em produtos cárneos, pois favorecem e auxiliam na manutenção das características físicas de emulsões e suspensões (PARDI, 1994).

### **3.2.7. Agentes ligantes**

Nos embutidos são adicionados uma variedade de produtos não cárneos que geralmente são denominados de ligadores ou enchedores. Podem ser adicionados na formulação para aumentar a capacidade de ligação com a água, favorecendo a estabilidade da emulsão, melhorando o sabor, o aroma, as características de corte, o rendimento durante a cocção e reduzindo os custos da formulação (ROÇA, 2000).

Mesmo que tais agentes tenham a capacidade de ligar água com gordura, contribuem pouco para a emulsificação. Os mais empregados nas fórmulas de embutidos caracterizam-se pelo conteúdo protéico. Dentre estes, podem ser citados o leite em pó ou produtos derivados da soja, como farinhas, proteína texturizada de soja (50% de proteína), proteína concentrada de soja (70% de proteína) e proteína isolada de soja (90% de proteína) (ROÇA, 2000).

Como descrito, a principal proteína adicionada é a de soja (PRICE; SCHWEIGERT, 1994) e segundo Pardi (1994) tais compostos melhoram a qualidade dos produtos, nutrem o organismo do consumidor e reduzem o custo de fabricação. Para proteínas não cárneas, a legislação vigente permite a adição máxima de 1,0% em presunto tenro e de 2,0% para outros presuntos (BRASIL, 2000).

### **3.2.8. Condimentos**

O termo condimento é muito amplo e se refere a todo ingrediente que isoladamente ou em combinação, confere sabor aos produtos cárneos. Em produtos embutidos, normalmente são adicionados o glutamato monossódico, alho e cebola (ROÇA, 2000). Especiarias como pimentas, cravo, gengibre, noz moscada, cominho e mostarda em pó também são largamente utilizadas, pois além de fornecerem aos embutidos sabores e aromas característicos, ainda têm ação antioxidante, sendo bastante úteis para prevenir a oxidação dos lipídeos (VARGAS; STIFELMANN, 1987). Adicionalmente apresentam propriedades antimicrobianas, prevenindo o

crescimento de bactérias indesejáveis (patogênicas e de deterioração) (TERRA; FRIES; TERRA, 2004).

## 4. PROCESSAMENTO DE PRESUNTO

Segundo Villena (1992) a produção de presunto é organizada em cinco etapas básicas:

- Recepção de matéria-prima;
- Preparo de massa;
- Embutimento;
- Cozimento / Defumação;
- Embalagem final.

### 4.1. Recepção e armazenamento das matérias-primas

As matérias-primas devem ser transportadas em caminhões com sistema de refrigeração, que possibilitem temperaturas no intervalo de  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$  para carnes resfriadas.

O armazenamento deve ser realizado em câmara fria sob temperaturas entre  $-1$  e  $5^{\circ}\text{C}$ , sendo que o consumo não deve ultrapassar 48 horas devido à perda de qualidade e risco de deterioração por contaminação microbiológica.

No momento da fabricação de presuntos as matérias-primas devem ser utilizadas resfriadas, e os cortes devem ser analisados sensorialmente antes de entrar no processo de produção propriamente dito, isto porque qualquer presença de ossos, hematomas ou sujidades permanecerão até o produto final.

### 4.2. Preparo e injeção de salmoura

A salmoura deve ser preparada em tanques dotados de sistema de agitação e refrigeração. A temperatura máxima que a salmoura pode atingir durante a injeção é  $5^{\circ}\text{C}$ .

A injeção de salmoura é realizada em máquina de multiagulhas (Figura 2), na qual os cortes são transportados por uma esteira e perfurados por agulhas que injetam a salmoura entre as fibras da carne. A salmoura é injetada na faixa de 40% a 74% da massa total, dependendo do produto a ser fabricado. Na Figura 3, é possível visualizar um esquema ilustrativo da injeção de salmoura.



Figura 2. Injetora de salmoura multiagulhas.

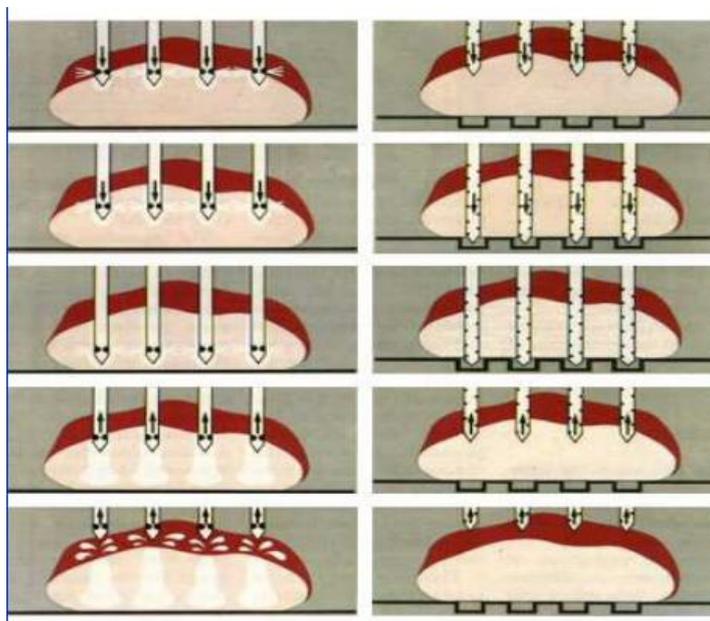


Figura 3. Ilustração da injeção de salmoura.  
Fonte: UNED (2010)

### 4.3. Moagem da matéria-prima

Após a injeção da salmoura os cortes são moídos com o objetivo de aumentar a superfície de contato da carne com a salmoura e conseqüentemente maximizar sua absorção. São utilizados discos de diferentes diâmetros, de acordo com o produto final desejado.

### 4.4. Tumbleamento

Após a moagem, as matérias-primas devem ser colocadas em tamblers (Figura 4), equipamentos de formato cilíndrico que possuem chicanas internas onde todo material permanece sob constante agitação. Estes possuem sistema de refrigeração o qual possibilita que o calor gerado durante o processo de massageamento da carne seja dissipado. Durante a agitação é aplicado vácuo no interior do tumbler através de um sistema de bombas centrífugas que favorecem a formação de um produto de qualidade superior.



Figura 4. Tumbler.  
Fonte: Bock do Brasil (2010)

Cada tipo de presunto possui uma programação específica para massageamento da matéria-prima, variando o tempo de agitação, velocidade de rotação, sentido de rotação, intervalos de agitação e paradas.

O tumbleamento é um processo que visa o rompimento das fibras da carne, permitindo que estas se liguem formando um produto final uniforme, sem rachaduras ou falhas. O massageamento com a salmoura rompe também a camada de colágeno que protege os músculos permitindo a ligação entre as fibras de diferentes

músculos. Ao final do processo de massageamento a matéria-prima apresenta textura uniforme impossibilitando a individualização de suas frações e a massa apresenta-se viscosa, com fibras extensas (PARDI, 1996; PRICE, 1994).

#### **4.5. Embutimento**

Após a retirada a massa dos tamblers, o embutimento é realizado em tripas de PVC para presuntos cozidos e em tripas de celulose para presuntos defumados.

Para os presuntos cozidos com formatos especiais (retangular ou quadrado), as peças embutidas são colocadas dentro de forma de aço inox para dar formato às peças de presunto durante o cozimento.

#### **4.6. Cozimento**

As formas devem ser colocadas em gaiolas e submetidas ao cozimento em túnel com injeção de vapor superaquecido. O túnel deve promover um gradiente crescente de temperatura, sendo que no interior da peça tal temperatura deve ser suficiente para inativar microrganismos patógenos. Segundo Guerreiro (2006b), o cozimento/defumação equivale a um tratamento térmico brando, como a pasteurização. Dessa maneira o produto não é esterilizado e o efeito do calor além de desenvolver características organolépticas, prolonga a vida de prateleira do produto. Normalmente o cozimento/defumação é finalizado quando o produto atingir 71°C em seu centro geométrico.

#### **4.7. Resfriamento**

O resfriamento é de suma importância no processamento de presunto, sendo também imprescindível rápida redução da temperatura interna do produto. O decréscimo da temperatura é facilitado pela utilização de água gelada como meio de transferência de calor.

A qualidade do produto, com relação a sabor, textura e aparência e vida de prateleira, pode ser influenciada pelo processo de resfriamento. O rendimento do produto também pode ser afetado por este processo.

Ainda nas formas, os presuntos devem permanecer em câmaras de resfriamento entre 0 e 5°C até o momento do fatiamento.

#### **4.8. Descasque**

O descasque consiste em retirar a tripa artificial que envolve o produto, sendo realizado manualmente ou através de equipamentos específicos para esta finalidade. Tal etapa do processamento deixa o produto exposto à contaminação microbiana.

Antes do descascamento do produto, este pode ser submetido ao contato com nitrogênio líquido, onde permanece por aproximadamente 10 minutos, até congelamento superficial. Esta prática melhora as condições relativas à fatiabilidade.

#### **4.9. Fatiamento/Porcionamento**

O fatiamento das peças é realizado em uma área denominada de “alto risco”, pois nesta etapa o risco de contaminação é muito elevado, considerando que os produtos fatiados não serão submetidos a qualquer processamento de caráter eliminatório de microrganismos. Com o objetivo de minimizar/eliminar problemas relacionados com a contaminação, são seguidas rotinas especiais de higiene com o setor e os funcionários. As principais medidas tomadas são a obrigatoriedade de tomar banho completo para todas as pessoas que acessarem esta sala, utilização de roupas especiais esterilizadas, higienização e desinfecção constante do ambiente com utilização de solução álcool etílico 70%. A sala deve possuir pressão positiva e sistema de filtragem do ar.

O processo de fatiamento é realizado em equipamento específico que permite a separação do produto em porções previamente estabelecidas, de acordo com a forma de comercialização (Figura 5).



Figura 5. Porcionamento de fatiados.

#### 4.10. Embalagem primária

Após o fatiamento e porcionamento, o produto segue por esteira e é posicionado automaticamente sobre o filme da embalagem e, logo em seguida recebe o filme superior. Nesta etapa a embalagem primária é selada e o vácuo é aplicado.

As embalagens primárias são compostas por filmes multicamadas, que impedem a passagem do ar e umidade pelas camadas.

#### 4.11. Embalagem secundária

As embalagens de presunto são agrupadas e acondicionadas em caixas de papelão ondulado, que permanecem por 24 horas na câmara de estocagem, sobre um *pallet*, à temperatura de 10°C aguardando a revisão para serem liberados para a expedição.

#### **4.12. Revisão**

Após 24 horas de permanência na câmara de estocagem, todos os pacotes de fatiados passam por inspeção visual para garantir a presença de vácuo nas embalagens primárias. Após a revisão, as que estão adequadas são enviadas para a câmara de produto acabado para aguardar a expedição e as que perderam o vácuo são enviadas para reaproveitamento.

## 5. FLUXOGRAMA DE PROCESSO

A Figura 6 apresenta o fluxograma de processamento de presunto fatiado embalado a vácuo.

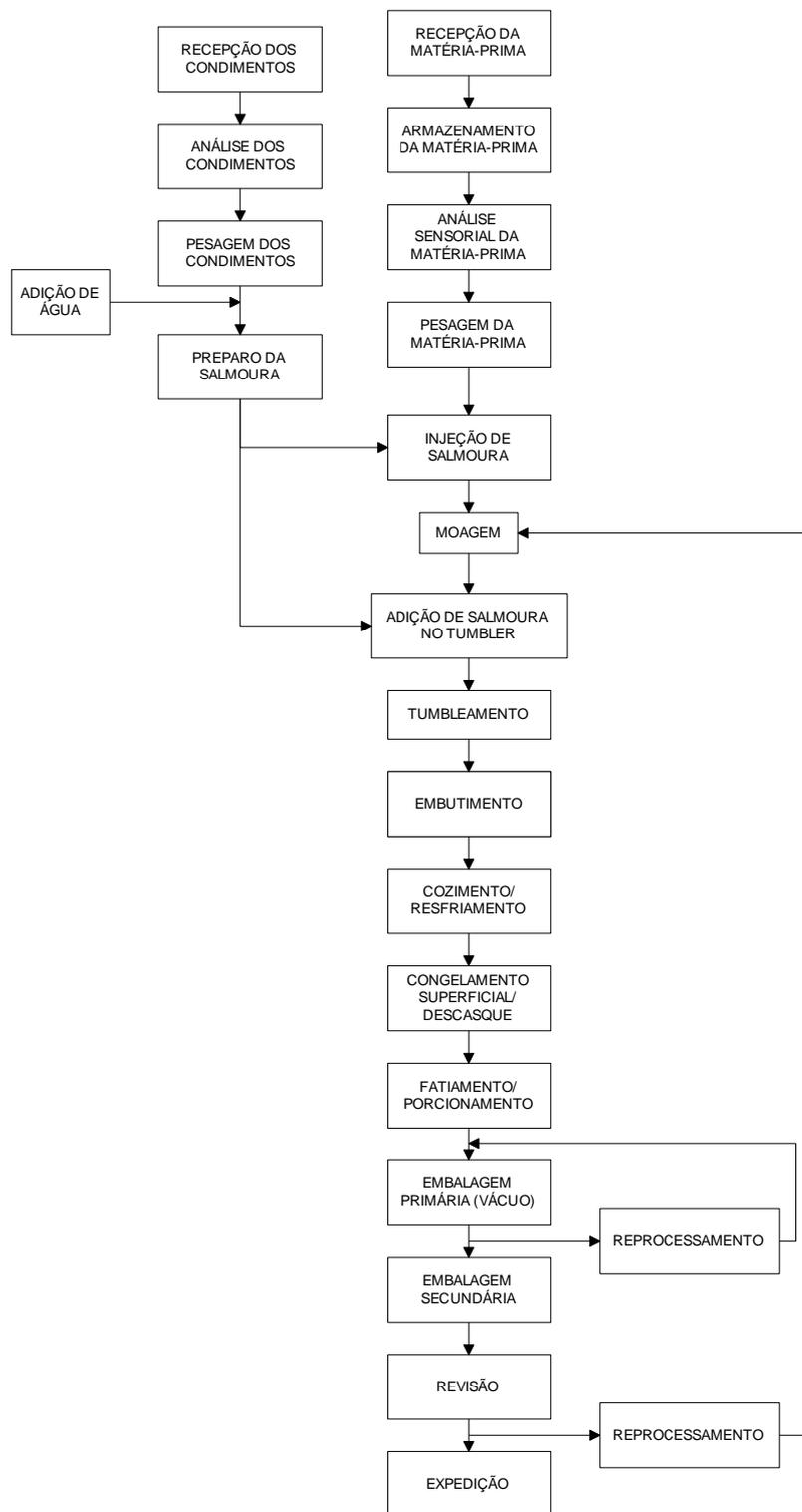


Figura 6. Fluxograma atual de processamento de presuntos.

## 6. MICRORGANISMOS PRESENTES EM ALIMENTOS

A riqueza em nutrientes faz dos alimentos um ótimo meio de cultura para a multiplicação de microrganismos. As carnes em geral apresentam uma composição química que as tornam excelentes meios de cultura. Esta matéria-prima apresenta alta atividade de água, é rica em substâncias nitrogenadas e minerais, além do pH ser favorável ao crescimento da maioria dos microrganismos (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

A degradação dos nutrientes do presunto pelos microrganismos contaminantes ocasiona desdobramento de algumas substâncias ou síntese de novos compostos com formação de sabores ou odores desagradáveis ao paladar humano, o que pode ocasionar a rejeição do produto. Existem ainda microrganismos patogênicos que, ao se associarem aos alimentos, oferecem vários riscos à saúde do consumidor. A ingestão do produto contaminado pode originar infecções alimentares, ou ainda causar intoxicações, quando é ingerida a toxina formada durante o crescimento do microrganismo no alimento (SILVA, 2000).

Segundo o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos da ANVISA, os microrganismos que devem ser controlados no presunto cozido são aqueles que podem causar danos à saúde do consumidor: *Salmonella*, *Coliformes* a 45°C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Clostridium* sulfito redutor. Os demais microrganismos como bactérias não patogênicas, bolores e leveduras podem afetar a vida de prateleira dos produtos, mas não a integridade dos consumidores, portanto sua detecção não é exigida pela legislação vigente, porém é de interesse das empresas o acompanhamento desses microrganismos deteriorantes (BRASIL, 2001; FRANCO; LANDGRAF, 1996).

## 7. FATORES DE INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO E MULTIPLICAÇÃO MICROBIANA

A multiplicação de microrganismos nos alimentos pode ser afetada por fatores inerentes ao próprio alimento ou por parâmetros extrínsecos. São fatores intrínsecos o pH, a disponibilidade de nutrientes, a atividade de água ( $a_w$ ), o potencial redox, constituintes antimicrobianos e estruturas de proteção dos alimentos. Por sua vez, os parâmetros extrínsecos são a temperatura, a umidade relativa e a presença de gases no meio.

A multiplicação microbiana segue o padrão da curva de crescimento, demonstrada na Figura 7.

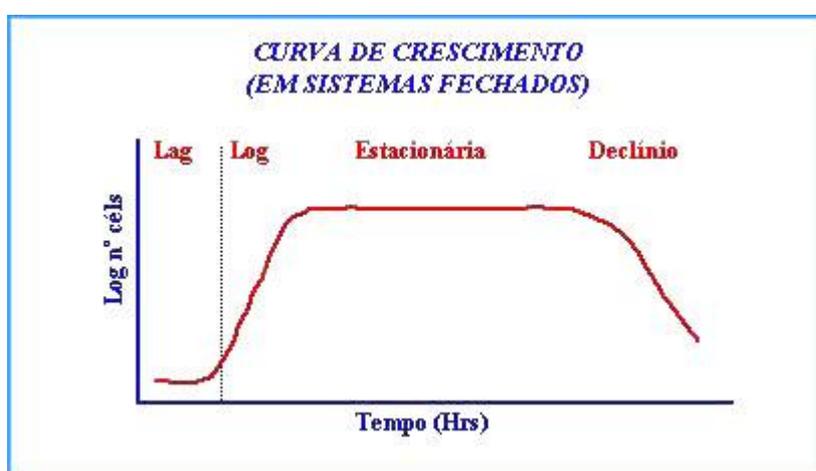


Figura 7. Curva de crescimento de microrganismos.  
Fonte: Kyaw (2010)

Na fase lag, também chamada de fase de adaptação, o microrganismo se adapta ao novo ambiente. Esta fase é influenciada diretamente pela natureza dos substratos de origem do microrganismo e do alimento contaminado (GUERREIRO, 2006a; TORTORA, 2005).

Na fase log ou exponencial, as células estão plenamente adaptadas, absorvendo os nutrientes, sintetizando seus constituintes, crescendo e se multiplicando. A taxa de crescimento exponencial é variável, de acordo com o tempo de geração do organismo em questão (GUERREIRO, 2006a; RETTORI, 2000).

Na fase estacionária, a multiplicação microbiana normalmente cessa, devido a limitação de nutrientes. Nesta etapa não há um crescimento líquido da população, ou seja, o número de células que se divide é equivalente ao número de células que

morrem. Nesta fase ocorre também a esporulação das bactérias (GUERREIRO, 2006a).

Na fase de declínio ou morte, a população dos microrganismos diminui, seja em função da limitação de nutrientes, modificação das condições do meio, causada pelo próprio crescimento microbiano, ou ainda pela presença de metabólitos tóxicos excretados pelos próprios microrganismos (TORTORA, 2005).

## **7.1. Fatores intrínsecos**

Os fatores intrínsecos que afetam a proliferação de microrganismos são os parâmetros dos tecidos animais ou vegetais, que são parte inerente desses tecidos (JAY, 2005).

### **7.1.1. pH**

O pH é fator crucial na multiplicação microbiana nos alimentos. A grande maioria dos microrganismos cresce melhor com valores de pH em torno de 7,0. Os alimentos ácidos, cujo pH se encontra na faixa de 4,0 e 4,5, apresentam condições mais restritas a este crescimento. Nesta faixa de pH, a maioria das bactérias patogênicas não se desenvolve, já os bolores e leveduras encontram condições ideais para o seu desenvolvimento (JAY, 2005).

Abaixo de pH 4,0, faixa dos alimentos denominados de muito ácidos, as condições para o crescimento microbiano são ainda mais restritivas. A microflora presente nestes alimentos se limita a algumas bactérias lácticas e acéticas e alguns bolores e leveduras (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

Os alimentos pouco ácidos, com pH acima de 4,5, propiciam a multiplicação de uma variedade de microrganismos, entre elas a maioria das bactérias, inclusive as patogênicas, as leveduras e bolores (FRANCO, 1996).

O valor aproximado do pH do presunto está entre 5,9 e 6,1 (JAY, 2005). Sabe-se que carnes provenientes de animais estressados são mais susceptíveis a deterioração que a de animais descansados, pois o estresse provoca a depleção do glicogênio muscular, promovendo uma queda anômala do pH *post-mortem* (KNOWLES, 1999).

### 7.1.2. Atividade de água ( $a_w$ )

A atividade de água indica a quantidade de água livre nos alimentos, ou seja, a quantidade de água efetivamente disponível para a utilização por parte dos microrganismos e reações químicas (FRANCO, 1996).

Com a diminuição da  $a_w$ , a valor abaixo do ótimo para o desenvolvimento de microrganismos, ocorre um aumento da duração da fase lag de crescimento e conseqüentemente uma redução na velocidade de crescimento e no tamanho da população final (JAY, 2005).

A  $a_w$ , por sua vez, influencia outros parâmetros do meio, como o pH, a temperatura ideal de crescimento e o potencial de oxirredução. Desta forma, a qualquer temperatura, a capacidade de multiplicação microbiana reduz quando a  $a_w$  baixa. A presença de nutrientes também é determinante, pois amplia a faixa de  $a_w$  em que os microrganismos podem multiplicar-se (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

Os microrganismos têm valor mínimo, valor máximo e valor ótimo de  $a_w$  para sua multiplicação. O valor máximo para o crescimento microbiano é em valores próximos a 1,00 e os valores mínimos são acima de 0,91 para bactérias deteriorantes e de 0,80 para fungos. Em valores de  $a_w$  abaixo de 0,60, não há crescimento microbiano, o que não significa que estes sejam eliminados, apenas nestas condições eles não podem se multiplicar. Para carnes frescas, a  $a_w$  é maior do que 0,95 (FRANCO, 1996).

A Tabela 1 apresenta os valores mínimos de  $a_w$  que permitem o crescimento para cada tipo de microrganismo.

Tabela 1. Valores mínimos de  $a_w$  para o crescimento de cada tipo de microrganismo

<b>Microrganismos</b>	<b><math>a_w</math> mínima</b>
Maioria das bactérias	0,88 – 0,91
Maioria das leveduras	0,88
Maioria dos bolores	0,80
Bactérias halofílicas	0,75
Bolores xerotolerantes	0,71
Bolores xerofílicos e bactérias osmofílicas	0,60 – 0,62

Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2004.

### 7.1.3. Potencial redox

Potencial de óxido redução de um substrato pode ser definido como a facilidade de um determinado substrato perder ou ganhar elétrons. Muitos fatores podem afetar o potencial redox, porém a presença de oxigênio é o fator que mais contribui para o aumento do potencial redox de um alimento. Os microrganismos podem ser classificados quanto ao potencial redox em: aeróbio (necessitam de oxigênio para o seu desenvolvimento); anaeróbios (o oxigênio é tóxico para estes microrganismos devido à formação de peróxidos letais); facultativos (desenvolvem-se tanto em ambientes ricos em oxigênio como em sua ausência); microaerófilos (multiplicam-se melhor em ambientes com baixas tensões de oxigênio) (JAY, 2005).

### 7.1.4. Composição química

Para que a multiplicação microbiana seja viável em alimentos, devem estar disponíveis os seguintes nutrientes: água, fonte de energia, fonte de nitrogênio, vitaminas e sais minerais (FRANCO, 1996; JAY, 2005).

A água na forma livre é importante para o crescimento dos microrganismos (JAY, 2005).

Como fonte de energia os microrganismos utilizam açúcares, alcoóis e aminoácidos, sendo que apenas um grupo reduzido de microrganismos metaboliza lipídios e os utiliza como fonte energética (FRANCO, 1996; JAY, 2005).

Os aminoácidos representam a fonte principal de nitrogênio, porém uma variedade de outros compostos com a mesma função pode ser utilizada (FRANCO, 1996; JAY, 2005).

As vitaminas são fatores importantes de crescimento microbiano, já que fazem parte de coenzimas envolvidas em várias reações metabólicas. As mais importantes são as do complexo B (biotina e ácido pantotênico) (FRANCO, 1996; JAY, 2005).

Os minerais também são indispensáveis para a multiplicação de microrganismos, pois estão envolvidos em muitas reações enzimáticas. As quantidades necessárias são muito reduzidas e os principais são: sódio, potássio, cálcio e magnésio (FRANCO, 1996).

## **7.2. Fatores extrínsecos**

Os fatores extrínsecos que influenciam na proliferação de microrganismos são propriedades provenientes do meio de armazenamento que afetam os alimentos e os microrganismos (JAY, 2005).

### **7.2.1. Temperatura de armazenamento**

A temperatura é um fator de grande importância para o desenvolvimento dos microrganismos, uma vez que estes possuem a capacidade de multiplicar-se em uma faixa ampla de temperatura, que contempla desde -34°C até 100°C. Aqueles que causam problemas nos alimentos desenvolvem-se em temperaturas em torno de 35°C, embora alguns específicos consigam se desenvolver em temperaturas bem abaixo ou acima desta. A temperatura ambiente exerce influência decisiva na duração da fase de latência (fase lag) e também na velocidade de multiplicação dos microrganismos (tempo de geração) (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

Os microrganismos se classificam em mesófilos, termófilos, psicrófilos e psicrotróficos, de acordo com a temperatura ótima para o seu desenvolvimento (FRANCO, 1996).

A Tabela 2 apresenta a classificação dos microrganismos em relação as temperaturas para seu crescimento.

Tabela 2. Classificação de microrganismos em relação à temperatura

<b>Grupo</b>	<b>T mínima (°C)</b>	<b>T ótima (°C)</b>	<b>T máxima (°C)</b>
Termófilos	40 – 45	55 – 75	60 – 90
Mesófilos	5 – 15	30 – 45	35 – 47
Psicrófilos	(-5) – 5	12 – 15	15 – 20
Psicrotróficos	(-5) – 5	25 – 30	30 – 35

Fonte: FERNANDES, 2004.

Os microrganismos psicrófilos e psicrotróficos multiplicam-se bem em alimentos refrigerados, por isso apresentam risco de deterioração em carnes, pescado, ovos, frangos e outros (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

Os cuidados com relação aos mesófilos são de suma importância nas indústrias de alimentos, pois neste grupo encontram-se a maioria dos microrganismos patogênicos, ou seja, aqueles responsáveis por doenças infecciosas (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

As bactérias termófilas dos gêneros *Bacillus* e *Clostridium* são as de maior importância em alimentos, incluindo as deterioradoras e as patogênicas (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

Os fungos crescem em faixas mais amplas de temperatura se comparados com as bactérias por sua vez, as leveduras não são tolerantes a altas temperaturas (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

### 7.2.2. Umidade relativa (U.R.)

A umidade relativa do ambiente exerce influência direta na  $a_w$  do alimento. Ambientes com alta U.R. tendem a aumentar a  $a_w$  dos alimentos, tornando-se susceptíveis à multiplicação de um número maior de microrganismos. Em contrapartida os alimentos perderão água se a umidade ambiental for inferior à sua. A interação entre temperatura e U.R. também deve ser levada em consideração nos procedimentos de estocagem, uma vez que quanto maior for a U.R., menor deverá ser a temperatura para uma estocagem segura e vice-versa (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

### 7.2.3. Presença de gases no meio

A composição gasosa do ambiente que envolve um alimento pode determinar os tipos de microrganismos predominantes naquele produto. A presença ou ausência de oxigênio favorecerá a multiplicação de microrganismos aeróbios ou anaeróbios, respectivamente (JAY, 2005).

Existe a possibilidade de alterações na composição gasosa do meio em que o alimento ficará exposto, método conhecido como “Atmosfera Modificada”. Neste caso o oxigênio é totalmente ou parcialmente substituído por outros gases, com o objetivo de alterar o meio, a fim de controlar o crescimento microbiano e/ou eliminar alguns microrganismos. A mistura de gases mais utilizada comercialmente são combinações entre gás carbônico, oxigênio e nitrogênio. Outra forma de controle do crescimento microbiano são as embalagens a vácuo, amplamente utilizadas na indústria cárnea (JAY, 2005; FRANCO, 1996).

A ação de alguns gases, como o CO<sub>2</sub>, também está vinculada a temperatura, uma vez que quanto mais baixa, mais intenso será o efeito da atmosfera modificada. A ação do CO<sub>2</sub> também depende do pH e da  $a_w$  dos alimentos, dos tipos e das condições metabólicas dos microrganismos presentes (FRANCO, 1996).

O nitrogênio pode ser utilizado para aumentar a vida útil de alimentos, mas serve como substituto do oxigênio, pois é um gás inerte e, portanto, tem pouco ou nenhum efeito antimicrobiano (FRANCO, 1996).

## 8. TECNOLOGIA DE ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA (APH)

A Alta Pressão Hidrostática (APH), como método para processar e conservar alimentos, através da inativação ou diminuição de microrganismos, é conhecida desde meados de 1889. Porém, os estudos relacionados com essa tecnologia se fortaleceram somente na década de 80, época em que a demanda por alimentos frescos, saudáveis, saborosos e nutritivos cresceu significativamente (COSTA; DELIZA; ROSENTHAL, 1999; JAY, 2005).

O processamento sob alta pressão consiste em submeter alimentos sólidos ou líquidos, com ou sem embalagem, a níveis de pressões hidrostáticas elevadas (50 a 1000 MPa), acima daqueles normalmente empregados nos tratamentos convencionais (ZIMMERMAN; BERGMAN, 1993). O uso mais freqüente dessa tecnologia no processamento de alimentos tem sido a esterilização comercial, com conseqüente prolongamento da vida de prateleira, para o qual são utilizadas pressões entre 300 MPa e 700 MPa (VARDAG; DIERKES; KORNER, 1995; SAN MARTÍN *et al.*, 2002).

Os efeitos da APH estão baseados em dois princípios básicos: o princípio de Lê Châtelier e o princípio da pressão isostática. O princípio de Lê Châtelier estabelece que modificações na pressão podem acelerar ou retardar reações químicas se acompanhadas por diminuição ou aumento de volume, respectivamente (CHEFTEL; CULIOLI, 1997). Pelo princípio isostático, a pressão é transmitida de maneira uniforme e instantânea por todo o alimento, independente da sua forma, tamanho ou volume. Assim, tal método difere do tratamento térmico em que a penetração de calor depende do tempo de exposição e da geometria do produto (CHEFTEL, 1995).

Para aplicar APH o produto deve estar embalado em garrafa ou bolsa plástica (em ausência de ar) e deve ser colocado no interior de um vaso de pressão (cilindro de aço) para ser processado. Esse vaso contém um meio que transfere a pressão ao produto, geralmente água (de onde vem a denominação “alta pressão hidrostática”), ou mais eventualmente outro líquido (SANGRONIS *et al.*, 1997).

Produtos líquidos também podem ser submetidos à pressão mediante sistema semicontínuo (fora da embalagem), constituído de três vasos de pressão e sistema de válvulas automáticas. Após o processamento, o produto deve ser envasado assepticamente (CAMPOS *et al.*, 2003). A Figura 8 representa o diagrama

esquemático do equipamento de APH utilizado em laboratório, segundo o diagrama de Buzrul *et al.*, 2007.

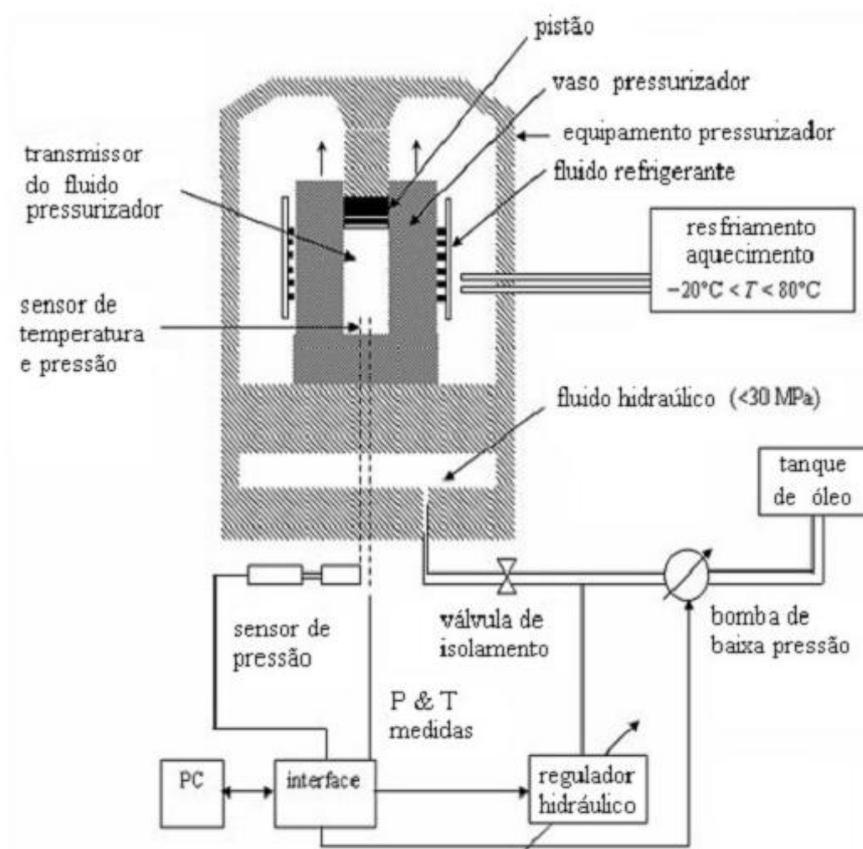


Figura 8. Diagrama esquemático do equipamento de APH em escala laboratorial.  
Fonte: BUZRUL *et al.* (2007)

A Figura 9 é um diagrama esquemático do equipamento utilizado para pressurização de alimentos em escala industrial. Os produtos são acondicionados em cestas, estas são levadas ao vaso de pressão por meio de esteiras. No momento em que o equipamento é fechado ocorre a liberação de água até que as cestas fiquem submersas, neste momento um pistão é acionado para efetuar a pressurização do vaso. Terminado o processo de pressurização o equipamento é despressurizado, a água bombeada para o tanque de armazenamento e as cestas com produto pressurizado são retiradas do interior do equipamento através de esteiras (AVURE, 2010).

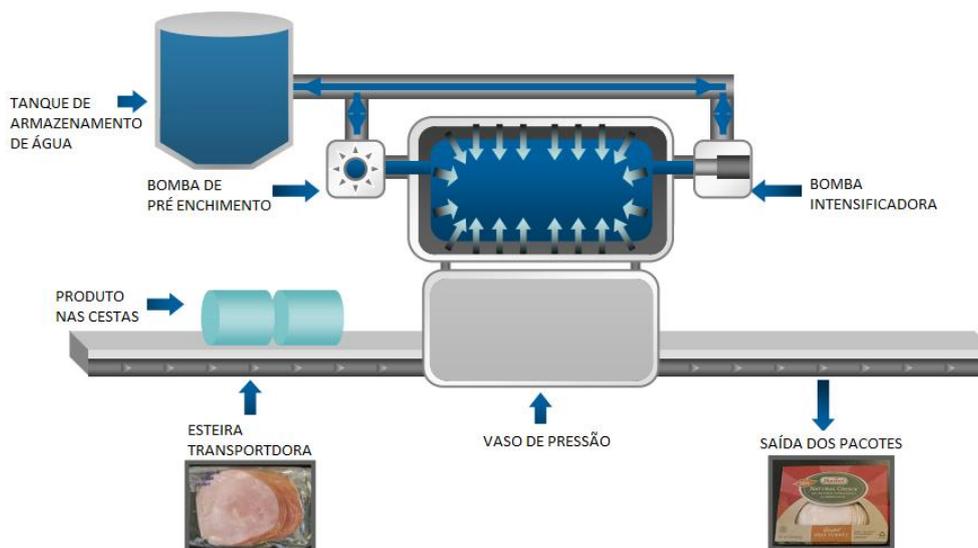


Figura 9. Diagrama esquemático do equipamento de APH em escala industrial  
Fonte: Avure (2010)

Durante o processamento, é necessário um tempo inicial para atingir a pressão de trabalho e um tempo de despressurização do vaso de pressão. Esses tempos de subida e descida de pressão são importantes e as taxas mais comumente utilizadas são de 2 a 3 MPa/s (JAY, 2005).

A energia mecânica da pressurização dentro do recipiente resulta em uma geração de calor moderada e temporária, chamada calor adiabático, onde a cada 100 MPa de pressão, a temperatura dentro do recipiente é aumentada de 3 a 6°C. Tal temperatura pode variar dependendo da natureza do produto, da temperatura do processo e da pressão aplicada (FARKAS; HOOVER, 2000; BUTZ; GARCIA; TAUSCHER, 2002).

## 8.1. Efeito da APH sobre microrganismos

A inativação e/ou destruição dos microrganismos pelo processamento a altas pressões varia de acordo com o nível de pressão aplicada, o tempo e a temperatura de processamento, além do tipo de microrganismo contaminante. Esse processamento pode promover a destruição de até 8 ciclos logarítmicos de células microbianas, sem alterações sensoriais dos alimentos (SMELT, 1998; DOGAN; ERKMEN, 2003).

A APH depende de alguns fatores inerentes ao produto, como a natureza do meio (pH, composição do alimento, presença de sais e/ou nutrientes, atividade de água, força iônica e tipo de íons presentes), fatores relacionados com a microbiota (espécie, formato, Gram, fase de crescimento e idade da cultura) e com as variáveis referentes ao processo (níveis de pressão, tempo, temperatura e tipo de tratamento – contínuo ou descontínuo) (SAN MARTÍN *et al.*, 2002; HUGAS *et al.*, 2002; ROSENTHAL; SILVA, 1997).

Segundo Campos (2003) o fator que impulsiona a eliminação de microrganismos através da alta pressão é a destruição das membranas celulares devido a alterações morfológicas, bioquímicas e genéticas. Reduções ao redor de  $10^3$  até  $10^6$  UFC/g podem ser alcançadas utilizando-se 410 MPa por cerca de 2 minutos, dependendo da natureza do microrganismo.

As membranas são compreendidas por uma camada de fosfolípidos envolvidos por proteínas funcionais que (entre outras funções) têm papel importante no transporte de substâncias para as células. Sob altas pressões os fosfolípidos sofrem cristalização, alterando sua permeabilidade. Outras funções celulares que envolvem a troca de íons como a composição de ácidos graxos, a desnaturação protéica, a atividade enzimática, a replicação do DNA, entre outras, também sofrem com tal efeito (SANGRONIS *et al.*, 1997; LÓPEZ-CABALLERO *et al.*, 1999; HUGAS, *et al.*, 2002).

Segundo Hugas, Garriga e Manfort (2002) a morfologia das células dos microrganismos tem influência direta na sensibilidade aos efeitos da pressão, sendo os cocos mais resistentes se comparados aos bacilos.

Um grande desafio no processamento sob altas pressões é a inativação de esporos, uma vez que são mais resistentes e necessitam de altas pressões associadas a altas temperaturas. Outra alternativa frente aos esporos é a realização

de uma germinação prévia, obtida mediante aplicação de níveis de pressão menores que os utilizados no processamento propriamente dito. Posteriormente, o alimento é submetido a pressões mais elevadas para inativação das células vegetativas (COSTA; DELIZA; ROSENTHAL, 1999; LECHOWIC, 1993).

Parâmetros cinéticos tais como valores  $z$  (constante de resistência) e  $D$  (taxa decimal de inativação) são utilizados para o desenvolvimento de processos de conservação de alimentos com o objetivo de garantir a segurança alimentar, pois determinam as constantes cinéticas de inativação. Também são ferramentas importantes na comparação do impacto de diferentes tecnologias sobre a redução das populações microbianas (PARISH, 1998; DOGMAN; ERKMAN, 2003).

O fator  $D$  é o tempo necessário para o tratamento em determinada pressão para reduzir em um ciclo logarítmico a população de microrganismos. Por sua vez, o fator  $z$  corresponde ao aumento necessário na pressão de tratamento para reduzir em um ciclo logarítmico o valor de  $D$  (PARISH, 1998; DOGMAN; ERKMAN, 2003).

Na Tabela 3 estão descritos alguns valores para o parâmetro  $D$  determinados experimentalmente para certos microrganismos, normalmente encontrados em produtos cárneos, quando submetidos ao tratamento de APH.

Tabela 3. Parâmetros cinéticos de inativação microbiana por alta pressão

Microrganismo	Parâmetro tempo		Pressão (MPa)	Temperatura (°C)	Referência
	( $D$ ) (min.)	( $k$ ) (min. <sup>-1</sup> )			
<i>Salmonella Enteritidis</i>	3	0.768	450	-	Patterson et. al (1995)
<i>S. Typhimurium</i>	1.48	1.556	414	25	Ananth et. al (1998)
<i>E. coli</i>	2.5	0.92	400	-	Patterson and Kilpatrick (1998)
<i>S. aureus</i>	3	0.768	500	50	Patterson and Kilpatrick (1998)
<i>L. monocytogenes</i>	2.17	1.061	414	25	Ananth et. al (1998)
<i>L. monocytogenes ScottA</i>	3.5	0.658	400	Amb.	Mussa et. al (1999)

Fonte: Adaptado de FDA, 1998.

A capacidade dos microrganismos de resistência à alta pressão está diretamente relacionada com o meio em que se encontram. A composição dos

meios e dos alimentos age como protetores dos microrganismos frente ao tratamento (GARCIA-GRAELLS *et al.*, 1999; DOGAN; ERKMEN, 2003; PALOU *et al.*, 1999).

Gola *et al.* (2000) inocularam em carne bovina crua moída e em solução tampão fisiológica uma mistura de oito cepas de *Escherichia coli* 157:H7 com cerca de  $10^6$ – $10^7$  UFC/mL de contaminação. Os autores compararam sua redução quando submetidas a pressões de 400, 500, 600 e 700 MPa a 15°C durante tempos diferenciados de pressurização. De acordo com os resultados (Tabela 4) foi possível observar que os microrganismos mostraram-se ligeiramente mais resistentes ao tratamento quando inoculadas na carne. Além disso, foi observado que a cada 100 MPa de pressão aplicada, a temperatura aumentou cerca de 3°C durante o processamento.

Tabela 4. Efeito da Alta Pressão sobre *E. coli* 157:H7 em diferentes meios

Pressão (MPa)	Tempo (min.)	Redução decimal	
		Solução Tampão	Carne Bovina
400	10,0	2,7	1,4
500	3,0	3,2	3,1
600	2,0	4,7	4,0

FONTES: GOLA *et al.*, 2000.

## 8.2. Efeito da APH sobre as enzimas

Os efeitos causados pelo tratamento de alta pressão sobre as enzimas podem ser divididos em duas classes. Na primeira, onde o alimento é submetido a pressões relativamente baixas (~100 MPa) o tratamento têm mostrado ativação de algumas enzimas (monoméricas). Já para o caso da aplicação de pressões mais elevadas, ocorre a inativação enzimática. Ainda, tem sido sugerido que a eficiência da alta pressão sobre a inativação enzimática é melhorada pela aplicação de ciclos de pressão, ou seja, aplicações sucessivas de alta pressão resultam em alta inativação enzimática (CAMPOS, 2003).

A APH possui capacidade de desnaturar ou modificar proteínas, ativar ou não enzimas e alterar as interações enzima-substrato. Pequenas mudanças no sítio ativo podem levar à perda de atividade de certas enzimas. Como a desnaturação protéica

é associada a mudanças conformacionais, esta pode afetar a funcionalidade bioquímica de determinada enzima, através do aumento ou perda da atividade biológica e das mudanças na especificidade do substrato (BUTZ *et al.*, 2003; HENDRICKX *et al.*, 1998).

A Tabela 5 apresenta algumas enzimas que sofrem inativação quando submetidas a altas pressões.

Tabela 5. Aplicações industriais da tecnologia APH no Japão frente a enzimas.

ENZIMAS	P (MPa)	Tempo (min.)	Temperatura (°C)
Polifenoloxidase	911,92	30	45
Fosfatase	> 607,95	30	55
Lipoxigenase	607,95	10	45
Lactoperoxidase	> 607,95	2	25
Peroxidase	> 607,95	30	60
Lipase	709,27	> 5	45

Fonte: Adaptado de Coelho (2007)<sup>1</sup>.

A peroxidase é uma enzima que provoca alterações prejudiciais no sabor, durante a estocagem de vegetais. A polifenoloxidase resulta no escurecimento enzimático de frutos ou vegetais danificados, provocando mudanças na aparência e nas propriedades organolépticas. Assim, a inativação de tais enzimas através da APH pode evitar tais alterações indesejáveis (CAMPOS, 2003).

### 8.3. Efeito da APH sobre características físico-químicas e reações bioquímicas

Em 1914 Bridgam fez a primeira observação do efeito da pressão sobre as proteínas. Foi observando que quando a albumina de ovo era submetida a 7500 bar (aproximadamente 750 MPa) o efeito produzido foi semelhante ao de um ovo cozido a 100°C e ainda, que tal alteração se tratava de um efeito irreversível (HEREMANS, 1978; HOOVER, 1993; MERTENS; DEPLACE, 1993).

<sup>1</sup>Dados extraídos da apostila elaborada por Nástia R. A. Coelho como suporte para ministrar a disciplina Processamento de frutas e hortaliças – MAF 1740 do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Católica de Goiás.

O processamento pode provocar alterações nas estruturas dos principais componentes dos alimentos, como: proteínas, lipídeos, polissacarídeos, provocando mudanças nas propriedades físicas desses produtos, como a viscosidade, a consistência, a coloração, entre outras (COELHO, 2002).

As proteínas têm suas estruturas modificadas por influência de altas pressões, pois a pressão favorece a dissociação de proteínas oligoméricas ou de sistemas complexos de macromoléculas. A pressão afeta a estrutura quaternária (através de interações hidrofóbicas), a estrutura terciária (através de conformação reversível) e também a estrutura secundária (conformação irreversível) (COELHO, 2002). Segundo Camargo (2002) na faixa de 700 MPa, a pressão causa o rompimento de ligações não covalentes, principais responsáveis pela manutenção estrutural das proteínas.

Com tais desnaturações protéicas a membrana plasmática pode modificar sua permeabilidade e seletividade, podendo resultar na morte celular (APICHARTSRANGKON, 2003).

A aplicação de pressão em alimentos promove a formação de géis, que é resultado da desnaturação de proteínas ou gelatinização do amido. Com esse propósito, geléias vêm sendo produzidas no Japão a partir da mistura dos ingredientes apenas envolvidos por uma embalagem flexível e posteriormente submetidos a altas pressões (COELHO, 2007).

A pressão influencia na formação de cristais de gelo e no ponto de congelamento da água que, permite sua permanência em estado líquido mesmo a temperaturas abaixo de 0°C; isto auxilia tanto a conservação de produtos como a obtenção de um processo de congelamento ultra rápido, pelo alívio instantâneo da pressão a baixas temperaturas. Sendo assim, os cristais de gelo que se formarão serão microscópicos e imperceptíveis (COELHO, 2007).

A oxidação lipídica é um dos problemas que causam deterioração do aroma e diminuição da vida útil de produtos cárneos. Apenas uma pequena quantidade de gordura oxidada pode ser perceptível ao paladar. Algumas formas de controle da oxidação são a exclusão do oxigênio, baixas temperaturas e/ou uso de antioxidantes. O fenômeno da oxidação também é extremamente dependente do teor de umidade do alimento (WICK *et al.*, 2001).

Em pesquisa realizada por Cheach e Ledward (1996) foi avaliada a oxidação lipídica em carne de porco tratado com APH. Com a aplicação de pressões de até

200 MPa e durante os 4 dias de estocagem a 4°C não foi verificado aumento na oxidação lipídica. Entretanto, os autores verificaram que houve aumento acentuado da oxidação com pressões acima de 400 MPa o que se explica pela composição lipídica da carne suína

Em outro estudo, Cheach e Ledward (1996) compararam duas amostras de carne de porco, picadas e tratadas de formas diferentes, uma delas com alta pressão (800MPa/20min por 20°C) e a outra amostra cozida (80°C/15min); ambas armazenadas por 8 dias, a 4°C. Os autores observaram que, nas amostras pressurizadas, a oxidação lipídica ocorreu mais rápido do que nas amostras apenas cozidas. Entretanto, um aumento significativo na taxa de oxidação da carne suína picada foi observado em pressões maiores que 300 MPa.

Foram verificadas as mudanças devido ao tratamento de alta pressão na actina, miosina e actomiosina. O principal efeito observado foi a despolimerização, acompanhada de redução do volume do alimento cárneo exposto (verificado pela liberação de água) (GHOSH *et al.*, 2001, apud SLONGO, 2008b).

#### **8.4. APH aplicada a produtos cárneos**

Alguns produtos cárneos, como cortes frios fatiados e acondicionados a vácuo, presunto cozido e produtos embutidos, apresentam maior probabilidade de deterioração, pois não possuem barreiras contra o crescimento de microrganismos deteriorantes apesar da pasteurização e armazenamento sob baixas temperaturas (KRÖCHEL, 1999).

Os produtos fatiados são altamente perecíveis, pois apresentam baixos teores de sal (entre 2 e 4%), pH maior que 6,0 e nitrito residual abaixo de 100 ppm. Estes tipos de produtos costumam ser muito manipulados e apresentam ampla superfície de contato com o oxigênio, o que influencia no decréscimo da vida de prateleira. O oxigênio é responsável pela aceleração da oxidação lipídica e por permitir o crescimento de microrganismos aeróbios (HOLLEY, 1997).

Embora o uso de embalagens a vácuo tenha tido expressivo efeito na extensão da vida de prateleira destes produtos (CAYRÉ *et al.*, 2005), a aplicação de APH com diversas combinações de tempo, temperatura e pressão estão sendo testadas com tal intuito (GARRIGA *et al.*, 2004; HUGAS, 1998; SLONGO, 2008b; HUGAS *et al.*, 2002).

#### 8.4.1. Efeito da APH sobre a vida de prateleira

Em pesquisa sobre a qualidade microbiológica e propriedades de ligação de água em presunto cozido fatiado e embalado a vácuo, López-Caballero *et al.* (1999) estudaram o efeito da APH acompanhando a vida de prateleira do produto estocado a 2°C. Foram testadas combinações de tempo e pressão (5 e 20 minutos; 200 e 400MPa) a 7°C e verificaram que a pressurização foi mais efetiva a níveis mais elevados de pressão e maior tempo de processamento. No caso em que o tratamento apresentou-se mais eficiente, não foi verificado crescimento de enterobactérias durante o acompanhamento.

Em estudos realizados por Linton *et al.* (2004) com frangos em pedaços, empacotados a vácuo e depois tratados a pressão de 500 MPa, por 15 minutos a 40°C, e estocados a 3°C, foi verificado que a contagem em placa para aeróbios e psicotróficos e anaeróbios aumentou rapidamente em amostras não tratadas durante o armazenamento (8 dias a 3°C), atingindo  $10^7$  UFC/g. Entretanto as amostras tratadas com alta pressão não tiveram aumento significativo, durante os 182 dias de estocagem a 3°C.

Garriga *et al.* (2004) em estudo realizado com presunto cozido e presunto curado, sob tratamento a alta pressão a 600 MPa, por 6 minutos a 31°C, avaliaram o comportamento de diferentes microrganismos patogênicos durante o armazenamento a 4°C, por 120 dias. Foi possível verificar que o tratamento foi eficiente para prevenção do crescimento de leveduras e enterobactérias e atrasou o crescimento de bactérias ácido lácticas, responsáveis pela deterioração desses produtos, assim como a esporulação de microrganismos. Constataram ainda que a alta pressão reduziu os riscos associados à contaminação por microrganismos patogênicos, como *Salmonella* e *Listeria monocytogenes*.

Ainda no estudo de Garriga *et al.* (2004), foi verificado que as bactérias ácido lácticas, principalmente provenientes de contaminação cruzada durante o fatiamento e a embalagem, cresceram rapidamente até  $10^8$  UFC/g, em todas as amostras não tratadas, no período de 30 dias. Contudo, as amostras tratadas a alta pressão mostraram atraso significativo no crescimento de deteriorantes durante 120 dias. Os autores ainda observaram que o tratamento sob alta pressão ajudou a prevenir mudanças de coloração e que a composição do alimento foi, provavelmente, um dos fatores-chave que influenciou o efeito conservador do tratamento a alta pressão.

O'Brien e Marshall (1996) relataram que com o tratamento a alta pressão (400 a 900 MPa) por 10 minutos, a temperaturas entre 14 e 28°C, o tempo de estocagem de carne de frango picada refrigerada a 4°C foi estendido e a deterioração microbiana da carne tratada a 408, 616 e 888 MPa foi atingida após 27, 70 e 98 dias de estocagem, respectivamente.

Hugas (1998) afirma que os presuntos são altamente sensíveis à deterioração microbiana devido as suas propriedades como: atividade de água, pH e nutrientes. Bactérias ácido-lácticas são facilmente incorporadas por contaminação cruzada, e se desenvolvem facilmente após o presunto ser processado, estocado a baixas temperaturas, embalado sob vácuo ou sob atmosfera modificada. Além disso, os metabólitos produzidos pelas bactérias podem causar deterioração.

Carpi *et al.* (1999) estudaram o comportamento frente ao tratamento sob alta pressão (600 MPa) por 5 minutos de presunto cozido fatiado e observaram aumento na vida de prateleira de até 75 dias, quando armazenados a 4°C.

López-Caballero *et al.* (1999) também estudaram o comportamento de presunto cozido fatiado, porém utilizaram níveis menores de pressão (400 MPa por 20 minutos) e observaram que o grau de inativação foi menor e a vida de prateleira máxima obtida no armazenamento a 3°C foi de 21 dias. Assim, foi possível verificar que a vida de prateleira dos produtos submetidos ao tratamento sob alta pressão está diretamente relacionada com o nível de pressão aplicada.

Slongo *et al.* (2007) avaliaram, através de um planejamento fatorial, o prolongamento da vida de prateleira a temperatura de armazenamento de 8°C de presunto suíno fatiado embalado a vácuo provocado pelo tratamento sob alta pressão hidrostática obtiveram os resultados expressos na Tabela 6.

Tabela 6. Vida de prateleira de amostras de presunto fatiado embalado a vácuo submetidos à APH e amostra de presunto controle.

Fatores		
Pressão (MPa)	Tempo (minutos)	Final da vida de prateleira (dias)
200	5	47
200	15	45
400	5	80
400	15	85
300	10	61
300	10	55
300	10	57
Controle		19

(Fonte: Slongo *et al.*, 2007).

Para este tipo de produto a vida de prateleira recomendada pela indústria é de 35 dias, porém com o tratamento de alta pressão após a etapa de selamento a vácuo aumento em mais de 2 vezes a vida de prateleira.

Yuste *et al.* (1999) compararam o tratamento sob alta pressão hidrostática (500 MPa a 65°C) por 5 e 15 minutos em salsicha de frango, com tratamento térmico de 80-85°C por 40 minutos e acompanharam a vida de prateleira por 18 semanas a 2°C. Nas amostras pressurizadas, praticamente não foi detectado o crescimento de enterobactérias até o final do armazenamento. Nos tratamentos a 500 MPa a 65°C por 15 minutos e no tratamento térmico foram detectadas contagens similares de bactérias lácticas (<10<sup>1</sup>UFC/g) até o final do armazenamento. Desta maneira fica comprovado que o tratamento sob alta pressão pode substituir a pasteurização de salsichas de frango cozidas após a embalagem.

Rubio *et al.* (2007) analisaram os efeitos da APH sobre “salchichón” (salsicha espanhola seca e fermentada) embalada a vácuo e tratada com 500 MPa por 5 minutos e armazenadas a 6°C, por um período máximo de 210 dias. Pode-se observar que o tratamento inibiu determinados microrganismos, em especial as leveduras, bolores, microrganismos psicrófilos e bactérias anaeróbias. Houve queda na contagem microbiana, sendo que os parâmetros físico-químicos e sensoriais não

foram afetados, concluindo-se que o tratamento em questão aumenta a segurança alimentar sem causar danos ao alimento.

Slongo *et al.*(2008c) estudaram o efeito da temperatura sobre os parâmetros de crescimento de bactérias lácticas em presunto tratado por APH. Estas bactérias exercem influência na qualidade das carnes e produtos cárneos, podendo levar ao aparecimento de limosidade superficial e esverdeamento devido à produção de peróxido de hidrogênio (CAYRÉ *et al.*, 2005). As amostras foram submetidas à APH na condição de 400 MPa/15 minutos a 30°C e estocadas a 4, 8, 12 e 15°C. A utilização da APH levou ao aumento da fase lag e diminuição da velocidade específica máxima de crescimento. Foi possível observar também que a diminuição da temperatura de armazenamento ocasionou o aumento da vida de prateleira. Os produtos armazenados nas temperaturas mais elevadas (15°C) que tinham sido submetidos ao tratamento APH apresentaram vida de prateleira maior que os produtos não pressurizados e armazenados nas temperaturas mais baixas (4°C). Também foi observado que na estocagem a 4°C, as amostras controle se mantiveram em condições ideais de qualidade por 65 dias e as pressurizadas por 115 dias, portanto a vida de prateleira foi prolongada em 50 dias.

#### **8.4.2. Efeito da APH sobre a cor**

Em produtos cárneos, a cor é um atributo sensorial muito importante. A indústria busca cada vez mais processamentos que mantenham a cor original.

De acordo com Mor-Mur e Yuste (2003) carne fresca e produtos derivados podem sofrer modificações na coloração quando submetidos ao tratamento sob alta pressão, dependendo das condições do processo aplicadas (pressão, tempo e temperatura), em virtude das possíveis mudanças na mioglobina, tais como a desnaturação da globina, liberação do grupo heme e oxidação do átomo de ferro.

Após o processamento obtém-se carne com coloração mais clara, devido à coagulação da proteína causada pela pressurização, que afeta as propriedades de estrutura e superfície dos produtos com aumento na relação luz refletida/luz absorvida. Porém quando os produtos cárneos passam pelo processo de cozimento, antes de serem submetidos à APH, como é o caso do presunto, há formação do composto estável nitrosohemocromo, que não é afetado pelo processamento (SERRA *et al.*, 2007; ROVERE, 2001; CARLEZ *et al.*, 1999).

Produtos cárneos que não são adicionados de nitrito e submetidos ao processo de APH podem sofrer mudanças significativas na sua coloração. Tanzi *et al.* (2004) em pesquisa realizada com presunto de Parma (produto ausente de nitrito) verificaram um decréscimo na intensidade visual da cor após a pressurização. Similarmente, Andrés *et al.* (2006) relataram um aumento na luminosidade nas amostras de presunto *Iberian* pressurizado.

A análise instrumental da cor determina mudanças de coloração através dos parâmetros L\*, a\* e b\*. O valor de L\* representa o máximo de estímulo luminoso, seja de reflectância ou de transmitância; e os valores de a\* e b\* são entendidos respectivamente, como as proporções de verde-vermelho e azul-amarelo refletido ou transmitido pelo objeto avaliado.

Quando carnes são submetidas a níveis de pressão elevados, a coloração se torna mais pálida inicialmente (com um valor de L\* alto, alcançando um máximo a 350 MPa). Contudo, posteriormente, a cor rosa muda para um marron-acinzentado. Em paralelo, o valor de a\* decresce notadamente, devido ao decréscimo da mioglobina total contida na carne (CARLEZ *et al.* 1999). Estes autores observaram que pressões acima de 400 MPa provocaram a oxidação parcial da mioglobina ferrosa em metamioglobina férrica, junto com a possível desnaturação da globina.

Mathias *et al.* (2007) estudaram a cor instrumental de presunto de peru submetido ao processo de APH avaliada durante a vida de prateleira. Avaliaram as amostras de presunto de peru durante 65 dias de armazenamento a 4°C. Para o tratamento foram utilizadas diferentes combinações de pressão e tempo, que variaram de 200 a 400 MPa e de 5 a 15°C. A cor do presunto avaliada instrumentalmente não se manteve estável ao longo do período de armazenamento. Houve diferença significativa do controle (amostra não pressurizada) em relação ao produto pressurizado a 400 MPa (decréscimo da cor vermelha), isto pode estar relacionado com o grau de oxidação do produto, o qual afetou a oxidação do ferro da mioglobina, resultando em um produto mais claro.

Slongo *et al.* (2008b) estudaram o efeito da alta pressão hidrostática na cor de presunto suíno. Após submeterem as amostras de presunto a diferentes combinações de pressão e tempo (200 a 400 MPa e de 5 a 15°C) durante os 65 dias de armazenamento, não foi detectada diferença significativa entre a cor do presunto controle (não pressurizado) e os pressurizados.

### 8.4.3. Efeito da APH sobre características sensoriais

A APH modifica as características organolépticas dos alimentos, melhorando-as praticamente em todos os casos. No caso da textura tem-se observado o efeito contrário, nota-se amolecimento em produtos cárneos pressurizados (TÉLLEZ *et al.*, 2001).

Ao comparar produtos pressurizados e não pressurizados, estes tendem a perder os atributos sensoriais, como: cor, sabor e textura, conforme o prazo de validade se aproxima do fim. A Figura 10 mostra comparativo da qualidade, durante a vida de prateleira, entre um presunto fatiado pressurizado e outro não. Pode-se perceber que os produtos que não passaram pela pressurização tendem a perder as propriedades sensoriais como o fim do prazo de validade, por sua vez os submetidos à alta pressão mantêm os atributos de qualidade ao longo da vida de prateleira (AVURE, 2010).

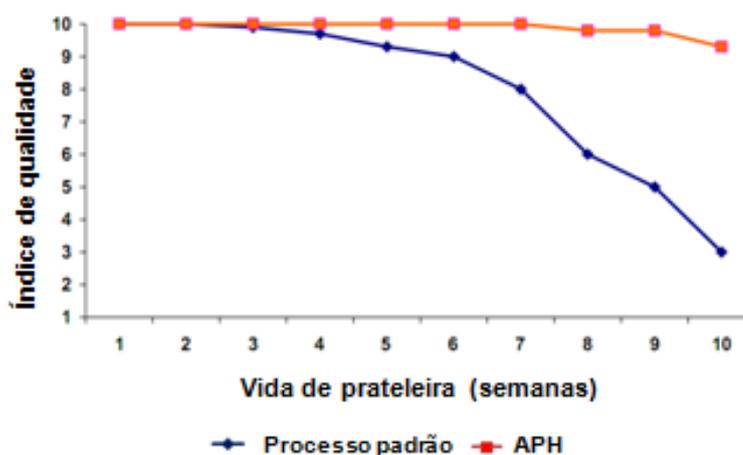


Figura 10. Comparativo do índice de qualidade durante a vida de prateleira de presunto fatiado submetido e não submetido a APH.  
Fonte: AVURE (2010)

Mor-Mur e Yuste (2003) aplicaram 500 MPa de pressão por 5 a 15 minutos, a temperatura de 65°C em salsichas cozidas e empacotadas a vácuo. Os autores avaliaram a cor, a textura e o rendimento, comparando os resultados com os obtidos em amostras tratadas no processo convencional de pasteurização (80-85°C por 40 minutos). Não foram verificadas mudanças no aspecto da coloração. As salsichas pressurizadas ficaram menos firmes que as tratadas por tratamento térmico. Nas

análises sensoriais, os autores não verificaram, em alguns casos, diferenças entre os dois processos e, quando houve diferença, as amostras pressurizadas foram preferidas devido a sua melhor aparência, gosto e, especialmente, textura. Em relação ao rendimento verificaram que a perda de peso foi muito mais elevada em salsichas tratadas pelo calor que em salsichas pressurizadas. Ao final, os autores concluíram que, as diferenças entre bateladas do mesmo produto foram devidas, principalmente, às variações ocorridas no cozimento industrial, e que o processo de alta pressão é recomendável na produção em grande escala.

Slongo *et al.* (2008a) estudaram a preferência do consumidor de presunto processado por APH e os resultados da ADQ (Análise Descritiva Quantitativa) permitiram observar que presuntos processados sob alta pressão (400 MPa/15 min/ temperatura ambiente) apresentaram alterações significativas apenas em relação ao atributo firmeza. O produto testado com APH apresentou satisfatória preferência no Teste de Preferência para a maioria dos consumidores.

A Figura 11 (AVURE, 2010) mostra a diferença entre rosbife processado sob alta pressão (à direita) e o mesmo produto sem ser submetido a este tratamento (à esquerda) após 100 dias de armazenamento. Após 40 dias o produto sem tratamento apresentava sinais visíveis de deterioração, enquanto que o outro se apresentava com características (cor, sabor e textura) de um produto fresco por mais de 100 dias.

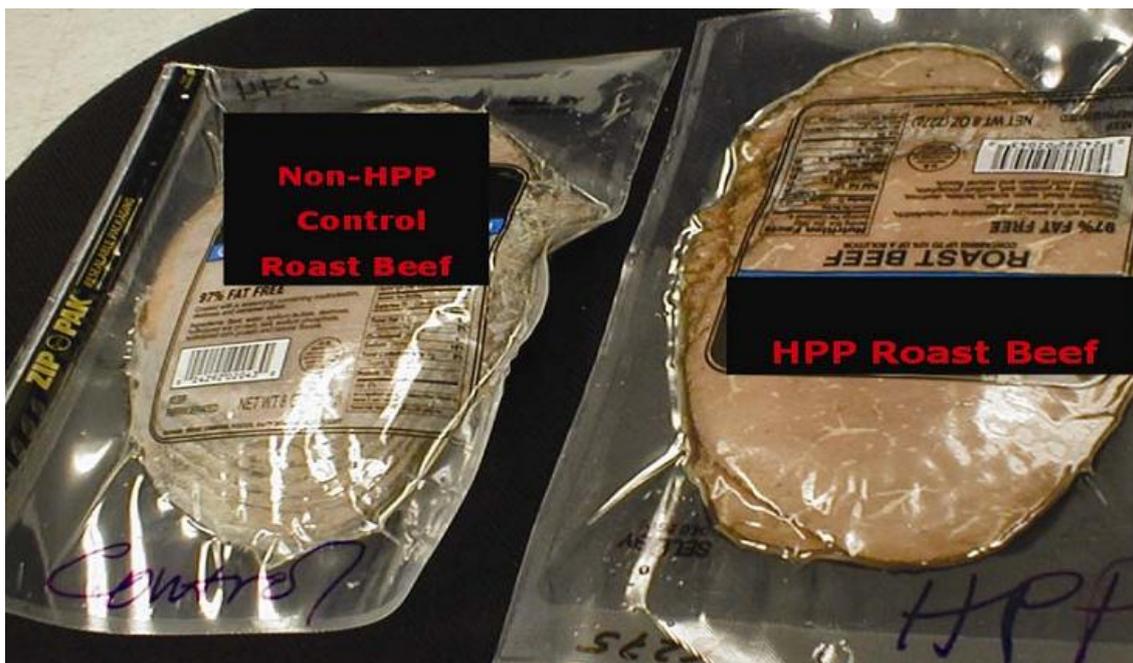


Figura 11. Comparativo dos sinais de deterioração entre um Rosbife submetido e não submetido a APH.

Fonte: Avure (2010)

### 8.5. Produção de presunto utilizando APH industrialmente

Segundo Garriga *et al.* (2002) a tecnologia de APH representa um atrativo nos processos não térmicos para o processamento de carnes, especialmente com relação à contaminação pós-processamento. Contudo, tal tecnologia ainda é pouco empregada comercialmente.

San Martín *et al.* (2002) relataram que na Espanha já está sendo comercializado presunto fatiado submetido a este processamento e, que com o uso desta tecnologia a vida de prateleira aumentou de 3 para 8 semanas.

A Empresa Espuña (2010), apresentou exemplo de presunto cozido e outros produtos cárneos fatiados e embalados a vácuo, tratados com pressão de 400 MPa por 10 minutos. Nesses estudos, para comercialização, foi constatado que a APH reduziu significativamente a quantidade, a atividade e o crescimento de microrganismos capazes de causar alterações de sabor e aroma dos produtos cárneos embalados. Após os 60 dias, que correspondem à faixa de consumo preferencial, o produto se manteve fresco devido à redução do crescimento de *Lactobacillus sp.*, que são os microrganismos causadores de alterações de sabor e aroma.

A Tabela 7 mostra alguns países que utilizam a tecnologia de APH em produtos cárneos e a vida de prateleira obtida destes produtos.

Tabela 7. Produtos disponíveis no mercado tratados com a alta pressão hidrostática

País (ano)	Produto	Processo	Embalagem	Vida de Prateleira (VDP)	Consequências observadas
Espanha (1998)	Presunto fatiado	cozido MPa/10 min. a 8°C	Vácuo com gases	com 2 meses	Sem alterações de cor ou sabor. Aumento da VDP.
EUA (2001)	Presunto fatiado e de Parma	cozido presunto	Vácuo		Sem alterações de cor ou sabor. Destruição de <i>Listeria</i> . Aumento da VDP.
EUA (2001)	Preparações culinárias de ave (prontas para servir)		Plásticos embalados com gases a vácuo		Sem alterações de cor ou sabor. Destruição de <i>Listeria</i> . Aumento da VDP.
EUA (2002)	Frango temperado pré-cozido fatiado		Vácuo	21 dias	Sem alterações de cor ou sabor. Destruição de <i>Listeria</i> . Aumento da VDP.
Espanha (2002)	Presunto em fatias finas, produtos de frango e peru	500 MPa/4 a 10 min. a 8°C	Vácuo	2 meses para produtos cozidos	Sem alterações de cor ou sabor. Destruição de <i>Listeria</i> . Aumento da VDP com redução dos conservantes.
Itália (2003)	Presunto Parma, salame e mortadela	de 600 MPa/10 min. a 7°C	Vácuo		Sem alterações de cor ou sabor. Destruição de <i>Listeria</i> . Aumento da VDP.
Japão (2005)	Salsicha, bacon, presunto	600 MPa/5 min. a 5°C	Vácuo	4 semanas	Aumento da VDP.
Alemanha (2005)	Presunto alemão defumado: produtos inteiros e fatiados	600 MPa/2 min. a 5°C	Vácuo		Destruição de <i>Listeria</i> . Produtos para exportação para EUA e aumento da VDP.

Fonte: San Martín *et al.*, 2002.

\*VDP: Vida de prateleira

A empresa Avure (2010), fornecedora de equipamentos para implementação de sistemas de alta pressão em escala industrial, afirma que esta tecnologia na indústria de processamento de carne, tem importante papel no fornecimento de alimentos seguros, com qualidade superior e, produtos de maior valor agregado.

Cada vez mais os consumidores procuram por alimentos que não contenham aditivos químicos em sua composição, e neste sentido a tecnologia de APH está favorecendo, pois é possível formular produtos cárneos com melhores características sensoriais e com menos dependência de aditivos químicos (AVURE, 2010).

A alta pressão mostrou-se efetiva, também na eliminação de agentes patogênicos, tais como: *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella*, *Campylobacter* e *Listeria* em guarnições de carne (AVURE, 2010).

A aplicação da tecnologia pode ainda, aumentar o mercado geográfico da empresa, pois é possível garantir a manutenção da qualidade do produto durante muito mais tempo (AVURE, 2010).

O processamento a APH apresenta diversas vantagens:

- Evita deformação dos alimentos, pois a pressão é transmitida uniforme e instantaneamente por todo o alimento, ou seja, independe da geometria do produto. Devido a este fator é possível processar mais produtos em menos tempo, se comparado a um processamento térmico (Cheftel, 1995; Pothakamury *et al.*, 1995);
- Trata-se de uma tecnologia limpa no que se refere ao meio ambiente, pois não há produção de resíduos;
- Não consome muita energia, pois a mesma energia gasta para aquecer 1 litro de água a 30°C é o que se gasta para pressurizar a 400 MPa para o mesmo volume de água.

Porém, esta tecnologia apresenta algumas desvantagens, entre elas:

- Alto custo do equipamento;
- Atualmente não existem equipamentos que operam de modo contínuo;
- Alguns alimentos (frutas e verduras) não podem ser processados a altas pressões, pois perderiam sua forma e aspecto originais;
- A resistência por parte dos consumidores em relação a adquirir produtos cujo processamento seja sob altas pressões, “nova

tecnologia”, é uma barreira para o desenvolvimento e expansão da tecnologia.

Para uma empresa de produção de presunto fatiado embalado a vácuo sugere-se que o equipamento seja instalado logo após a etapa de acondicionamento nas embalagens primárias.

Atualmente o fatiamento das peças é realizado em área denominada de “alto risco”, conforme descrito no item 4.9, etapa que apresenta elevado risco de contaminação ao produto. Considerando que estes não serão submetidos a qualquer processamento de caráter eliminatório de microrganismos após este processo, o uso da APH pode implicar em controle não tão rígido no que diz respeito ao ambiente isolado, com pressão positiva, temperatura abaixo de 10°C, uma vez que esta área trata-se de um ambiente de trabalho insalubre, o que gera altos gastos para a empresa.

Outro fator que poderia ser revertido em ganhos é no setor de controle de qualidade, visto que as embalagens com defeitos na solda romperão ao serem pressurizadas, e como consequência não seria mais necessário que o produto fosse mantido na empresa por no mínimo mais 18 horas para ser revisado. O tempo de permanência do produto na fábrica passaria de 5 para 4 dias. Além disso, a vida de prateleira que atualmente é de 45 dias, poderia ser prolongada após a implantação desta tecnologia.

A Figura 11 representa o fluxograma do processamento de presunto sugerido após a instalação do equipamento de APH.

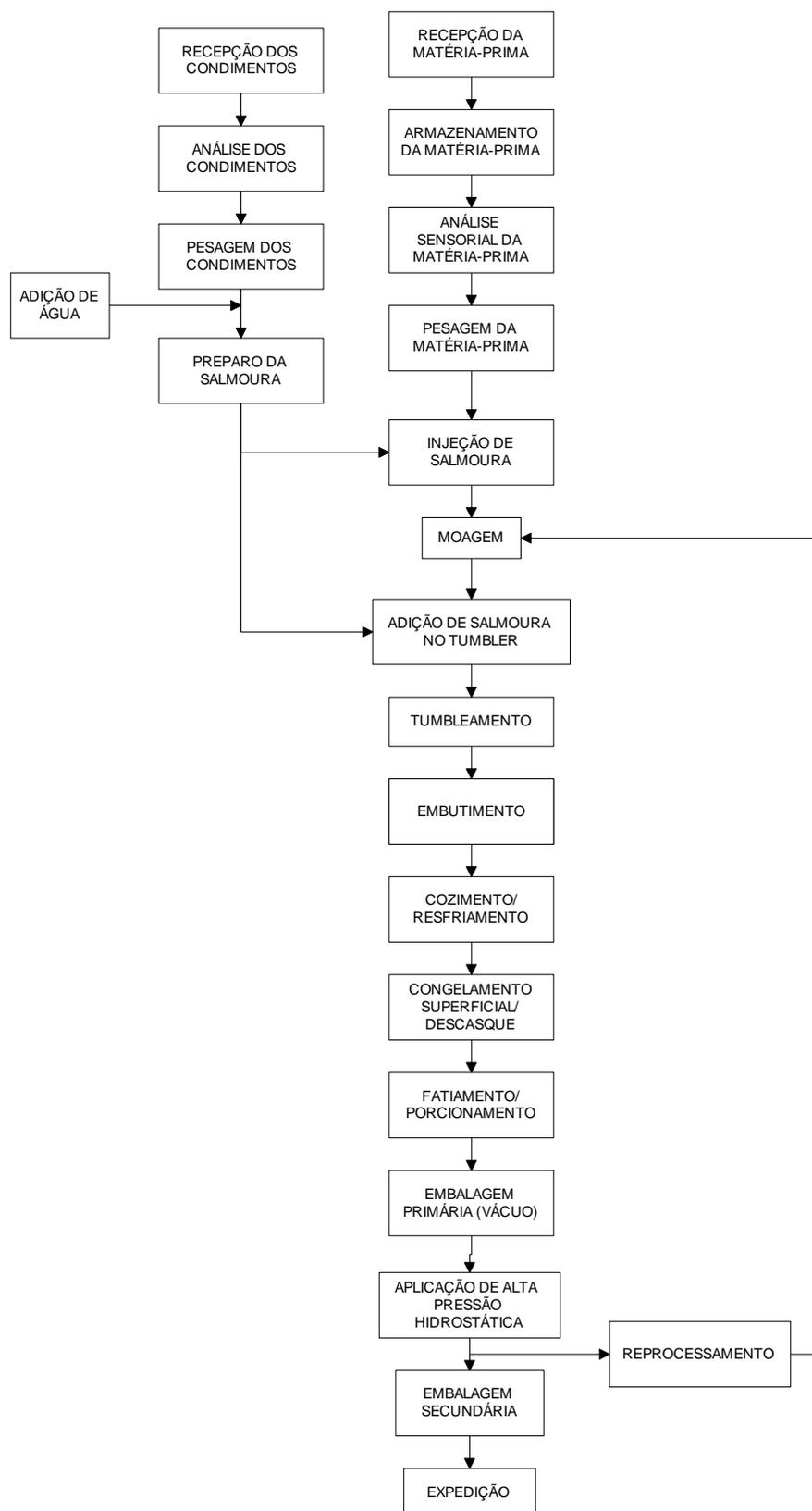


Figura 12. Fluxograma sugerido de processamento de presuntos.

## 8.6. Outras aplicações da APH

Processadores de frutos do mar estão cada vez mais utilizando esta tecnologia para inativar microrganismos e vírus em moluscos e, melhorar as operações de processamento. Também é utilizada neste ramo de indústrias, pois facilita a retirada da casca de lagosta e caranguejo, proporcionando maior eficiência de processamento e conseqüentemente maior produtividade, o que possibilita a abertura de novos mercados (AVURE, 2010).

Por fim, os benefícios à saúde através do consumo de frutos com ação contra doenças crônicas são atribuídos a substâncias antioxidantes, sendo que as principais são os compostos fenólicos. Frutos que foram submetidos ao uso da APH apresentaram maior conservação de tais compostos. Esta técnica também tem sido utilizada para obtenção de extratos ricos em agentes antioxidantes, para aplicações tanto na indústria de alimentos como em cosméticos (TOKUSOGLU *et al.*, 2010; PRASAD *et al.*, 2010).

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento sob alta pressão constitui uma tecnologia bastante promissora para indústrias alimentícias. As alterações causadas aos aspectos sensoriais são mais suaves quando comparadas a outros tratamentos convencionais.

O principal problema do avanço do processamento sob alta pressão é o elevado custo. Acredita-se, porém, que os custos iniciais de investimento possam diminuir a partir do momento em que a tecnologia for mais divulgada.

As principais vantagens da aplicação desta tecnologia são a inativação microbiana, inativação enzimática, manutenção de características sensoriais como a cor, o que propicia um aumento da vida de prateleira.

Atualmente a aplicação desta tecnologia é mais viável para produtos com alto valor comercial e que apresentem risco de degradação se submetidos ao tratamento térmico convencional, como é o caso dos presuntos fatiados. Além disso, a vida de prateleira de produtos pressurizados é largamente ampliada, devido à inibição microbiana promovida pelo tratamento.

As perspectivas de aplicação da tecnologia de APH no processamento de alimentos dependem de estudos futuros em níveis acadêmico e industrial. O desenvolvimento de pesquisas nessa área pode levar ao aprimoramento tecnológico que, conseqüentemente proporcionará redução dos custos do processo e aumento na variedade de alimentos preservados pela aplicação de APH. São necessários outros estudos que otimizem as condições de tempo, pressão e temperatura utilizadas durante o processamento, garantindo a segurança desses alimentos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRÉS, A. I. *et al.* High pressure treatment of dry-cured Iberian ham. Effect on colour and oxidative stability during chill storage packed in modified atmosphere. **European Food Research and Technology**, v. 222, n. 56, p.486-491, 2006.
- APICHARTSRANGKOON, A. Effects of high pressure on rheological properties of soy protein gels. **Food Chemistry**, v. 1, n. 80, p.55-60, 2003.
- AVURE. **High pressure processing food systems**. Disponível em: <<http://www.avure.com/food/>>. Acesso em: 04 jul. 2010.
- BARUFFALDI, R; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 317 p.
- BOCK DO BRASIL. **Tambler**. Disponível em: <<http://www.mbock.com.br/>>. Acesso em: 08 set. 2010.
- BRASIL, 2001. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001**. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm)>. Acesso em: 22 set. 2010.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Instrução normativa nº 20, de 31 de julho de 2000**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1681>>. Acesso em: 22 jun. 2010.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=38&word=>>>. Acesso em: 27 abr. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Presunto Cozido. **Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=1686>>. Acesso em: 22 set. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 51, de 29 de Dezembro de 2006**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=14706>>. Acesso em: 07 jun. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 30.691 de 29 de março de 1952 alterado pelo decreto n. 1.255 de 25 de junho de 1962. **Regulamento Industrial de Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 7 de julho de 1952, Seção 1, p. 10785. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=14013>>. Acesso em: 27 abr. 2010.
- BUTZ, P. *et al.* Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p.233-236, fev. 2003.

- BUTZ, P.; GARCIA, A. F.; TAUSCER, B.. Influence of high pressure treatment on sensorial and nutritional quality of fruit and vegetables. **Elsevier Science**, p.417-421, 2002.
- BUZRUL, S. *et al.* Compression heating of selected pressure transmitting fluids and liquid foods during high hydrostatic pressure treatment. **Journal of Food Engineering**, v. 85, p.466-472, 2007.
- CAMARGO, L. M. A. Q.. **Efeito da alta pressão hidrostática sobre o pneumovírus aviário: queda da infectividade e manutenção da imunogenicidade.** 2002. 82 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia, Unicamp, Campinas, 2002.
- CAMPOS, F. P., *et al.* Utilização da Tecnologia de Alta Pressão no Processamento de Alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p.351-357, 2003.
- CARLEZ, A.; VECIANA-NOGUES, T.; CHEFTEL, J. C.. Changes in colour and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing. **Lebensmittel-wissenschaft Und-technologie**, v. 74, p.327-339, 1999.
- CARPI, G. *et al.* Application of high pressure treatment to extend the refrigerated shelf-life of sliced cooked ham. **Industria Conserve**, v. 74, p.327-339, 1999.
- CAYRÉ, M.; GARRO, O.; VIGNOLO, G.. Effect of storage temperature and gas permeability of packaging film on the growth of lactic acid bacteria and *Brochothrix thermosphacta* in cooked meat emulsions. **Food Microbiology**, v. 22, p.505-512, 2005.
- CHEACH, P. B.; LEDWARD, D. A.. High pressure effects on lipid oxidation in minced pork. **Meat Science**, v. 43, n. 2, p.123-134, 1996.
- CHEFTEL, J. C.. Review: High-pressure, microbial inactivation and food preservation. **Food Science Technology**, v. 1, p.75-90, 1995.
- CHEFTEL, J. C.; CULIOLI, J.. Effects of high pressure on meat: a review. **Meat Science**, v. 46, p.211-236, 1997.
- COELHO, G. L. V.. Efeitos da alta pressão hidrostática em alimentos: aspectos físico-químicos. **Universidade Rural**, v. 21, n. 1, p.105-110, 2002.
- COELHO, N. R. A. **Processamento de frutas e hortaliças:** processos não térmicos de conservação. Goiânia: UCG, 2007, 16f. (Apostila apresentada na disciplina Processamento de frutas e hortaliças – MAF 1740 da Universidade Católica de Goiás).
- COSTA, M.C.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A. Revisão: Tecnologias não convencionais e o impacto no comportamento do consumidor. *Boletim do CEPPA*, v.17, n.2, p.187-210, 1999.
- DOGAN, C.; ERKMEN, O. Ultra high hydrostatic pressure inactivation of *Escherichia coli* in milk, and orange and peach juices. **Food Science and Technology International**, v. 9, n.6, p. 47-52, 2003.

ESPUÑA. **Produccion/ Alta Presión**. Disponível em: <<http://www.espuna.es/>>. Acesso em: 09 nov. 2010.

FARIA, J. A., FELÍCIO, P.E., NEVES, M.A., ROMANO, M.A. Formação e estabilidade da cor de produtos cárneos curados. Revisão. **Revista Tecnologia de Carnes**, v. 3, n. 2, p. 16-22, 2001.

FARKAS, D. F.; HOOVER, D.G. High pressure processing. **Journal of Food Science**, p.47-64, 2000.

FDA. **Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies: Preface, Background and Scope of Work**. Food and Drug Administration (FDA) of the U.S. Department of Health and Human Services. 1998.

FERNANDES, P. H. S. **Introdução à Segurança Alimentar**. Instituto SENAI de Educação Superior, Rio de Janeiro, 2004.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M.. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 187 p.

GARCIA-GRAELLS, C.; MASSEHA EK, B.; MICHIELS, C. W. Inactivation of *Escherichia coli* in milk by high-pressure treatment in combination with antimicrobial peptides. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 1248-1254, 1999.

GARRIGA, M., AYMERICH, M.T., COSTA, S., MONFORT, J.M., HUGAS, M. Bactericidal synergism through bacteriocins and high pressure in a meat model system during storage. **Food Microbiology**, v. 19, p. 509-518, 2002.

GARRIGA, M., GREBOL, N., AYMERICH, M.T., MONFORT, J.M., HUGAS, M. Microbial inactivation after high pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 5, p. 451-457, 2004.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1977, 284 p.

GOLA, S. *et al.* Comportamento di ceppi *E. coli* patogeni in sistema modello e in carne cruda macinata trattati com le alte pressioni: aspetti microbiológico e tecnológico. **Industria Conserve**, v. 75, n. 1, p. 13-25, 2000.

GUERREIRO, L. **Dossiê Técnico: Boas Práticas de Fabricação em Serviços de Alimentação**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Setembro de 2006a. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.br/acessoDT/22>>. Acesso em: 21 set. 2010.

GUERREIRO, L. **Dossiê Técnico: Produção de salsicha**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Outubro de 2006b. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.br/acessoDT/30>>. Acesso em: 21 set. 2010.

HENDRICKX, M.; LUDI KHUYZE, L.; VAN DEN BROECK, I.; WEEMAES, C. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 5, p. 197-203, 1998.

HEREMANS, K. In: **High Pressure Chemistry**. KELM, H. (Ed.), D. reidel Publishing Company, p. 467-487, 1978.

HOLLEY, R. A. Impact of slicing hygiene upon shelf life and distribution of bacteria in vacuum packaged cured ham. **Food Microbiology**, v. 14, p. 201-211, 1997.

HOOVER, D. G. The microbiological safety and quality of food. **Food Technology**. v.47, n.6, p.150-155, 1993.

HU, Y.H. *et al.* **Meat science and applications**. New York: Marcel Dekker, 2001.

HUGAS, M., GARRIGA, M., MONFORT, J. M. New mild technologies in meat. **Meat Science**, p.359-371, 2002.

HUGAS, M. Bacteriocinogenic lactic acid bacteria for the biopreservation of meat and meat products. **Meat Science**, v.49, p.139-150, 1998.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

KNOWLES, T.G. A review of the road transport of cattle. **Veterinary Record**, v.144, n.8, p.197-201, 1999.

KRÖCHEL, L. Natural barriers for use in biopreservation. **Fleisch Wirtschaft International**, Frankfurt, n. 2, p. 36-38, 1999.

KYAW, C. M. **Curva de crescimento**. Disponível em:  
<<http://vsites.unb.br/ib/cel/microbiologia/crescimento/crescimento.html#curva>>.  
Acesso em: 15 set. 2010.

LECHOWICK R. V. Food safety implications of high hydrostatic pressure as food processing method. **Food Technology**, v.47, n.6, p.170-172, 1993.

LINTON, M., McCLEMENTS, J. M. J., PATTERSON, M. F. Changes in the microbiological quality of vacuum-packaged, minced chicken treated with high hydrostatic pressure. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.5, p.151-159, 2004.

LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; CARBALLO, J.; JIMENEZ-COLMENERO. Microbiological changes in pressurized, prepackaged sliced cooked ham. **Journal of Food Protection**, v. 62, n. 12, p.1411-1415, 1999.

MATHIAS, S. P. *et al.* Cor instrumental de presunto de peru submetido ao processo de alta pressão hidrostática avaliada durante a vida de prateleira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. Mercados do século XXI: qualidade, segurança alimentar, certificação e rastreabilidade: anais... Campinas: **ITAL/CTC**, 2007. p. 381-383.

MERTENS, B.; DEPLACE, G. Essential of functional foods. **Food Technology**. v. 47 , n.6, p. 164-169, 1993.

MOR-MUR, M., YUSTE, J. High pressure processing applied to cooked sausage manufacture: physical properties and sensory analysis. **Meat Science**, v. 65, p. 1187-1191, 2003.

NETO, M. P. O uso do nitrito em produtos cárneos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 24, n. 277, p. 93, mar. 2000.

O'BRIEN, J. K.; MARSHALL, R. T. Microbiological quality of raw ground chicken processed at high isostatic pressure. **Journal of Food Protection**, v. 59, n. 2, p.146-150, 1996.

ORDOÑEZ, J. *et al.* **Tecnología de Alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 2 v.

PALOU, E. *et al.* High-pressure treatment in food preservation. In: RAHMAN, M. S. (Org.) **Handbook of food preservation**, New York: Marcel Dekker, p. 533-576, 1999.

PARDI, M. C. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1996, 2v.

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.

POTHAKAMURY, U. R., BARBOSA-CÁNOVAS, G., SWANSON, B. G. The pressure builds for better foods processing. **Chemical Engineering Progress**. March, p. 45-53, 1995.

PRÄNDL, O. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994.

PRASAD, K. N. *et al.* Enhanced antioxidant and antityrosinase activities of longan fruit pericarp by ultra-high-pressure-assisted extracion. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. v. 51, n. 2, p. 471-477, 2010.

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **Ciencia de la Carne y de los Productos Carnicos**. Tradução de Juan Luis de la Fuente. Zaragoza: Acribia, 1994, 581p.

UNED. **Injetora**. Disponível em: <  
[http://paraiso.etfto.gov.br/docente/admin/upload/docs\\_upload/material\\_501a335214.pdf](http://paraiso.etfto.gov.br/docente/admin/upload/docs_upload/material_501a335214.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2010.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000. 202p.

ROSENTHAL, A.; SILVA, J. L. **Alimentos sob pressão**. Engenharia de Alimentos, v.14, p. 37-39, 1997.

ROVERE, P. Industrial-scale high pressure processing of foods. In M.E.G. Hendrickx & D. Knorr (Eds.), **Ultra high pressure treatments of foods**. New York: Klumer Academic/Plenum Publishers, p. 251-268, 2001.

RUBIO, B. *et al.* The effects of high pressure treatment and of storage periods on the quality of vacuum-packed “salchichón” made of raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, p. 180-187, 2007.

SAN MARTÍN, M. F., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., SWANSON, B. G. Food processing by high hydrostatic pressure. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 42, n. 6, p. 627-645, 2002.

SANGRONIS, E. *et al.* La alta presión hidrostática: una alternativa en el procesamiento no térmico de alimentos. **Alimentaria**, v.283, p.33-43, 1997.

SEBRANEK, J. G; BACUS, J. N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? **Meat Science**, v. 77, p. 136-147, 2007.

SERRA, X. *et al.* High pressure applied to frozen ham at different process stages. Effect on the sensory attributes and on the colour characteristics of dry-cured ham. **Meat Science**, v. 75, p. 21-28, 2007.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela Ed., 2000, 227p.

SILVEIRA, N. V. V. **Níveis de nitritos, nitratos e sorbatos em queijos curados comercializados na cidade de São Paulo**. Revista Instituto Adolf Lutz, São Paulo, v. 51, n. 1-2, p. 37-40, 1991.

SLONGO, A. P. *et al.* Efeito da alta pressão hidrostática na vida de prateleira de presunto fatiado embalado a vácuo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. Mercados do século XXI: qualidade, segurança alimentar, certificação e rastreabilidade: anais... Campinas: **ITAL/CTC**, 2007. p. 393-395.

SLONGO, A. P. **Características sensoriais e preferência do consumidor de presunto processado por alta pressão hidrostática**. Tese, Santa Catarina, UFSC, 2008a.

SLONGO, A. P. **Determinação da Vida de Prateleira e Análise Sensorial de Presunto Suíno Submetido ao Tratamento de Alta Pressão Hidrostática**. Tese, Santa Catarina, UFSC, 2008b.

SLONGO, A. P. **Efeito da temperatura sobre os parâmetros de crescimento de bactérias lácticas em presunto tratado por alta pressão hidrostática**. Tese, Santa Catarina, UFSC, 2008c.

SMELT, J. P. P. M. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. **Trends Food Science and Technology**, v. 9, p. 152-158, 1998.

TANZI, E. *et al.* High-pressure treatment of raw ham. Sanitation and impact on quality. **Industria Converse**, v. 79, p. 37-50, 2004.

TÉLLEZ-LUIZ, S. J. *et al.* Aplicación de La alta presión hidrostática en La conservación de los alimentos. **Ciencia y tecnología de los alimentos**, v. 3, n. 2, p.66-80, 2001.

TERRA, N. N. **Apontamentos de Tecnologia de Carnes**. São Leopoldo: UNISINOS, 1998, 216 p.

TERRA, A.; FRIES, L.; TERRA, N. **Particularidades na fabricação do salame**. São Paulo: Varela, 2004.

TOKUSOGLU, O.; ALPAS, H.; BOZOGLU, F. High hydrostatic pressure effects on mold flora, citrin mycotoxin, hydroxytyrosol, oleuropein phenolics and antioxidant activity of Black table olives. **Innovative food science & emerging technologies**. v. 11, n. 1, p. 250-258, 2010.

TORTORA, G. J. *et al.* **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 894 p.

VARDAG, T.; DIERKES, H.; KORNER, P. High pressure food processing. **Food Technology**, v. 3, n. 2, p. 106-110, 1995.

VARGAS, C. R.; STIFELMANN, R. **Produção de embutidos cozidos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987. 56f. Trabalho de conclusão (Disciplina de Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, BR-RS, 1987.

VARNAN, A. H.; SUTHERLAND, J. L. **Meat and meat products: technology, chemistry and microbiology**. London: Chapman & Hall, 1995, 430 p.

VILLENA, J. G. T. **Manual de industrias cárnicas**. Lima: Universidad Nacional Agraria – La Molina, 1992, 185 p.

WICK, M. *et al.* Dietary supplementation of vitamin and affects the peroxide value of subcutaneous lamb fat. **Journal of Muscle Foods**, v.12, p.237-243, 2001.

YUSTE, J. *et al.* Mechanically recovered poultry meat sausages manufactured with high hydrostatic pressure. **Poultry science**, v.78, p.914-921, 1999.

ZHANG, X.; KONG, B.; XIONG, Y. Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation. **Meat Science**, v. 77, p. 593-598, 2007.

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