

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

**ASPECTOS TECNOLÓGICOS RELACIONADOS À FABRICAÇÃO DE
BACON**

João Henrique da Silva

Porto Alegre

2010/2

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

**ASPECTOS TECNOLÓGICOS RELACIONADOS À FABRICAÇÃO DE
BACON**

João Henrique da Silva

Monografia apresentada ao curso
de Engenharia de Alimentos para
obtenção do título de Engenheiro
de Alimentos.

Orientador: Prof. Alessandro de
Oliveira Rios.

Porto Alegre

2010/2

ASPECTOS TECNOLÓGICOS RELACIONADOS À FABRICAÇÃO DE BACON

João Henrique da Silva

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Alessandro de Oliveira Rios (Orientador)

Doutor em Ciência de Alimentos

ICTA/UFRGS

Erna Vogt de Jong

Doutora em Nutrição Experimental

Rafael Costa Rodrigues

Doutor em Engenharia Química

AGRADECIMENTOS

Minha família permitiu, apoiou e bancou meu desenvolvimento pessoal e profissional durante os anos de engenharia de alimentos. Todo sucesso que obtive e obterei será também o sucesso deles. Eles merecem meu primeiro e eterno agradecimento.

Agradeço ao Prof. Alessandro que com sua paciência, amizade e orientação me ajudou a terminar este trabalho.

A Lucéia que ajudou com o texto e com o desenvolvimento das idéias.

Ao Marcelo Rosseti pelo melhor exemplo de líder que já tive a oportunidade de seguir e a quem dedico este trabalho.

A Katia pelo companheirismo, amizade e apoio.

A música clássica que ajudou na concentração e ao sertanejo universitário que ajudou na descontração.

Também agradeço todos os colegas e amigos que de alguma forma ou de outra contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	9
2.	Panorama Da Produção E Do Consumo Da Carne Suína	11
3.	Matérias Primas.....	14
3.1	Carne Suína	14
3.2	Salmoura	15
3.3	Agentes De Cura	17
3.4	Fumaça.....	18
4.	Processamento.....	19
4.1	Injeção	20
4.2	Tumbleamento/Envaramento	21
4.3	Cozimento/Defumação	21
4.4	Resfriamento/Embalagem	22
5.	Transformações Físico-Químicas Do Bacon	23
5.1	Interação Da Salmoura Com A Matriz Protéica Do Músculo	23
5.2	Nitrato/Nitrito E A Reação De Cura	24
5.3	Nitrito E A Formação De Cor	25
5.4	Transformações Decorrentes Do Cozimento.....	27
5.5	Formação Do Aroma E Cor De Defumado	29
6.	Atualidades Sobre Processamento De Bacon.....	31
6.1	Carne Suína E Características De Processamento	31
6.2	Cozimento Por Microondas	33
6.3	Fumaça Líquida.....	34
6.4	Processamento De Produtos Curados Sem Adição De Nitrito	36
6.4.1	Cor.....	37

6.4.2	Capacidade Antioxidante.....	38
6.4.3	Proteção Biológica.....	38
6.5	Tecnologia De Pasteurização Por Plasma A Frio.....	39
6.6	Bacon Enriquecido Com Ômega 3	41
7.	Considerações Finais	43
	Referências	44

LISTA DE ABREVIações

ABIEPCS	Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína
Aw	Atividade de água
BHA	Butilhidroxianisol
BHT	Hidroxitolueno butilado
DHA	Ácido docosa-hexaenóico
EPA	Ácido eicosapentaenóico
FAOSTAT	Divisão estatística da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
HPV	Proteína vegetal hidrolisada
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NaCl	Cloreto de sódio
RAC	Ractopamina

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Maiores produtores de carne suína em 2008	12
Figura 2	Principais destinos da carne suína brasileira (em porcentagem) no período de janeiro a julho de 2010	12
Figura 3	Fluxograma do processamento de bacon	20
Figura 4	Ação do sal nos aminoácidos das proteínas miofibrilares	23
Figura 5	Inchamento das fibras devido à ação da salmoura	24
Figura 6	Sumário das reações mais importantes na cura de carnes	24
Figura 7	Anel porfirínico ligado ao íon ferro no centro	25
Figura 8	Espectro de diferentes estados de associação da mioglobina	26
Figura 9	Dinâmica da cor em produtos cárneos curados	27
Figura 10	Temperatura de rendimento ótimo do bacon fatiado para diferentes concentrações de sal	32
Figura 11	Relação entre o percentual de gordura e a gravidade específica da barriga suína	33
Figura 12	Relação entre ingestão de DHA na dieta dos suínos e concentração de DHA no bacon produzido	43

RESUMO

A produção e consumo de produtos de suínos está em crescimento. O Brasil consome mais de 70% de todo suíno abatido na forma de produtos industrializados. Bacon é o produto industrializado suíno vendido como ingrediente para preparações ou "fast food". Os principais ingredientes para a fabricação de bacon são a barriga suína, sal, condimentos, nitrito e nitrato. O processamento da barriga em bacon envolve operações de adição dos ingredientes, homogeneização e cozimento com defumação. Cada etapa do processamento introduz ou modifica as características das matérias primas, exercendo forte influência sobre a qualidade final do produto. O presente trabalho é uma revisão sobre os ingredientes utilizados na fabricação do bacon, operações unitárias utilizadas e principalmente sobre quais as modificações resultantes da interação de cada operação com as matérias primas. Novas tecnologias e possibilidades de desenvolvimento são discutidas.

Palavras-chaves: Bacon, tecnologia de produtos de origem animal, abate suíno, processamento de carnes.

1. INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de proteínas de origem animal têm crescido nos últimos anos. Segundo dados e projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) o consumo e a exportação de carnes brasileiras deverá seguir em crescimento nos próximos dez anos, com liderança do país nos setores de bovinos e aves, mantendo-se entre os primeiros colocados na exportação de suínos (BRASIL, 2010).

Com as recentes demandas para o aumento de produção, aliadas a estratégias de diferenciação de produtos, têm-se observado crescimento pronunciado de produtos industrializados derivados de suínos. O principal foco para o mercado externo de carne suína tem sido o de carcaças inteiras ou cortes específicos “in natura” em função do valor de comercialização.

No mercado interno cerca de 70% do consumo de carne suína ocorre através de produtos industrializados como embutidos e defumados e os demais 30% são consumidos na forma de cortes “in natura” (SILVA, 2009).

O aproveitamento de cortes ou determinadas partes do processo de espostejamento para a fabricação de produtos industrializados é uma estratégia de agregação de valor para a atividade. Mesmo um corte nobre, como o filé mignon suíno, possui um valor agregado menor do que o salame, copa ou presunto.

O bacon, um produto do abate suíno, apresenta sabor e características diferenciadas oriundas das operações de cura e defumação. Apresenta ampla utilização na culinária brasileira em preparações como feijoada, farofas, tortas, massas, lanches, entre diversos outros. Diferentemente do consumidor americano, o brasileiro não costuma consumir bacon no café da manhã, mas sim como um ingrediente em diversas preparações.

A qualidade física, química e microbiológica dos produtos industrializados suínos é resultado de uma combinação de diversos fatores. Características como o pH, temperatura, manejo pré e pós abate do suíno, influenciam a aptidão tecnológica da

carne como matéria prima. Por outro lado, uma boa matéria prima pode não ser transformada em um produto de qualidade se as variáveis das operações do processo não forem respeitadas e todas as transformações bem compreendidas.

O presente trabalho teve como objetivo analisar estudos publicados sobre a qualidade e aptidão tecnológica da carne suína como matéria prima para a fabricação de bacon. Os ingredientes mais comuns no processamento de bacon foram investigados e descritos. Também foram pesquisados o processo de fabricação e as transformações físico-químicas relacionadas com o processo de cura, cozimento e defumação do bacon.

2. PANORAMA DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO DA CARNE SUÍNA

O consumo e a produção de carnes e derivados têm crescido nos últimos anos. De 2003 a 2007 o Brasil aumentou suas exportações de carne suína em 58%, sendo responsável em 2007 por 12,5% de todo comércio mundial do produto. Nos anos de 2008/2009 o Brasil produziu 3,19 milhões de toneladas, sendo o terceiro maior exportador, depois da Dinamarca e dos Estados Unidos. Assim, os três países são responsáveis por mais de 70% de todo valor exportado de carne suína no mundo (BRASIL, 2010).

Os maiores importadores de carne suína são o Japão, Rússia, Coreia do Sul e China, sendo que apenas o Japão representa mais de 37% do total importado (FAOSTAT, 2009).

Segundo projeções, o crescimento da produção de carne suína avançará a taxas de 2% ao ano, resultando em um volume de 3,95 milhões de toneladas em 2020. Pelas mesmas projeções, o consumo da carne suína no mercado interno crescerá sob taxa de 1,7% ao ano e as exportações em 2,81%, sendo que em 2020 o Brasil será responsável por 16% do mercado mundial desta “commodity” (BRASIL, 2010).

O maior produtor mundial de carne suína é a China com quase 50 milhões de toneladas/ano (Figura 1), contudo tal país também é o maior mercado consumidor com demanda de 50,3 milhões de toneladas em 2010 (FAOSTAT, 2010).

Entre os principais destinos das exportações de carne suína brasileira destaca-se a Rússia, que no período de janeiro a julho de 2010 foi responsável por importar mais de 45% da produção nacional (Figura 2). A Rússia é seguida por Hong Kong, Ucrânia, Argentina e outros (FAOSTAT, 2010).

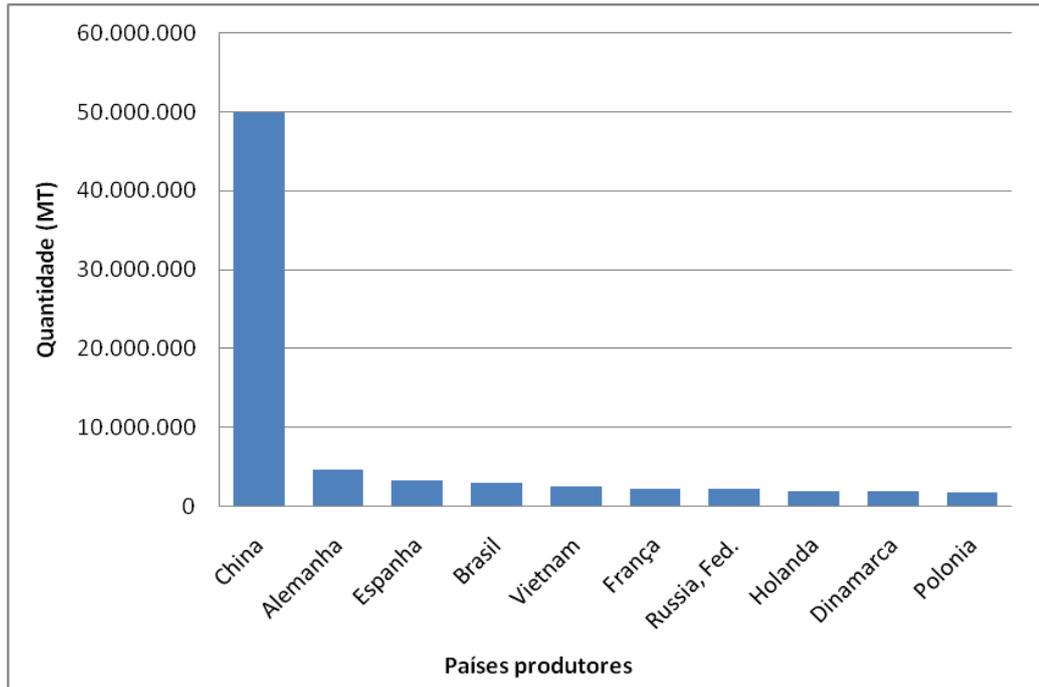


Figura 1: Maiores produtores de carne suína em 2008

Fonte: Adaptado de Faostat, (2010).

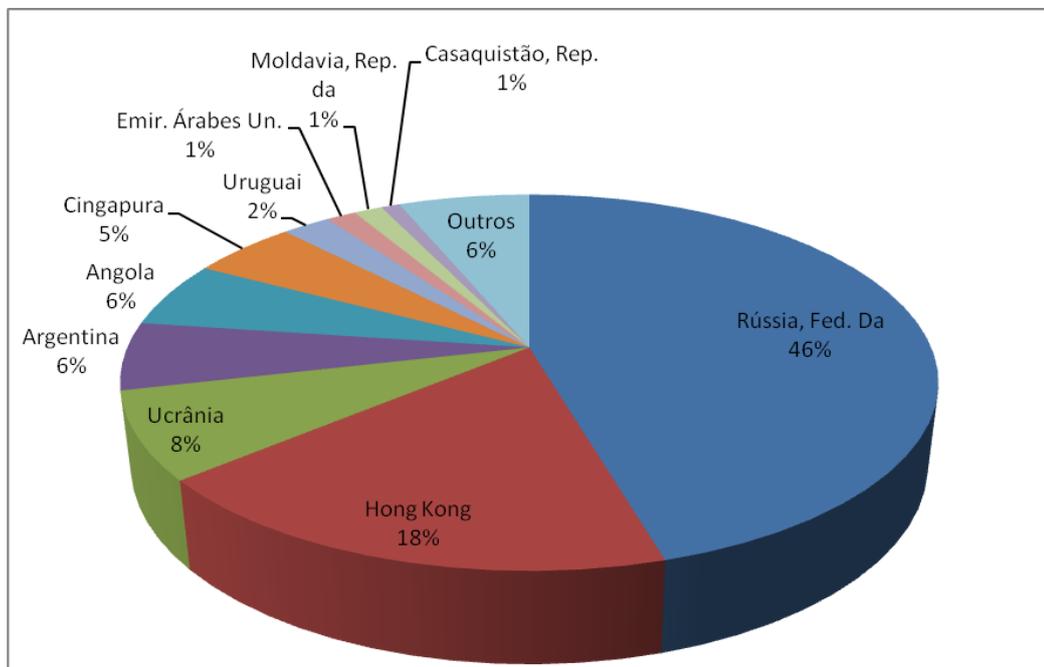


Figura 2: Principais destinos da carne suína brasileira (em porcentagem) no período de janeiro a julho de 2010.

Fonte: Adaptado de Abipecs, (2010).

A suinocultura brasileira tem potencial de crescimento imenso. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIPÉCS), o Brasil poderia triplicar suas exportações pela conquista de novos mercados consumidores. Atualmente, devido a barreiras sanitárias, os exportadores nacionais não conseguem disponibilizar seus produtos nos mercados japonês, mexicano, americano, chinês e na União Européia. Tais mercados consumidores representam demanda total de 2,4 milhões de toneladas, volume equivalente a cerca de metade das importações de carne suína no mundo (ABIPÉCS, 2009).

3. MATÉRIAS PRIMAS

A carne suína é o principal ingrediente usado para a fabricação de bacon. No Brasil, em sua grande maioria, se utiliza a barriga suína. É possível produzir bacon de outros cortes do suíno, desde que sua origem seja expressa (BRASIL, 2000). A barriga suína é obtida do esposteamento de carcaças que passaram por um procedimento de abate adequado. O bacon é um produto defumado cozido e curado. São utilizados ingredientes como cloreto de sódio, nitrito e nitrato de sódio, açúcar, eritorbato e água para fazer a salmoura que é utilizada no processo de cura (BRASIL, 2000).

Na defumação é utilizada fumaça oriunda da queima controlada da madeira, contudo, pode-se ainda utilizar fumaça líquida obtida do destilado concentrado desta queima. Este é um ingrediente de alto valor agregado, possibilita uniformidade de colocação e reduz o impacto ambiental do processo por não gerar resíduos sólidos, odoríficos e não depositar alcatrão, reduzindo a quantidade de água e detergente utilizadas na manutenção das instalações de defumação (PACHECO, 2006). As características e particularidades de cada matéria prima serão discutidas a seguir.

3.1 *Carne suína*

A qualidade de um produto industrializado cárneo depende principalmente da qualidade da carne como matéria prima. Neste sentido, dois fatores se destacam: qualidade microbiológica e aptidão tecnológica (TERRA, FRIES, 2000).

A carne pode ser contaminada ainda no suíno em seu ciclo de vida ou através de contaminações *post-mortem*. Se o sistema de inspeção é eficiente e capaz de

detectar a presença das contaminações endógenas do suíno, a maioria dos problemas de qualidade microbiológica será oriunda da contaminação posterior ao abate (LAWRIE, 1998).

A contaminação exógena pode ocorrer durante o abate. Nas operações de evisceração, a carne suína pode acidentalmente entrar em contato com contaminantes como a flora gastrintestinal, leite, urina entre outros. Devido à alta carga microbiana, as vísceras devem ser retiradas por inteiro, tomando-se o cuidado de não perfurar o intestino, fator comum de contaminação cruzada no abate (TERRA, FRIES, 2000).

A qualidade tecnológica da carne suína é uma propriedade complexa e multivariada que depende de uma série de fatores e da interação entre eles. Os principais atributos de interesse são a capacidade de retenção de água, cor, conteúdo de gordura, composição, estabilidade oxidativa e uniformidade. Tais propriedades são influenciadas pela raça e genótipo do suíno, alimentação, manejo pré-abate, atordoamento, métodos de abate, resfriamento e condições de estocagem da carne (ANDERSEN, et al., 2002).

3.2 Salmoura

Uma salmoura típica contém água e cloreto de sódio. A água tem a função de veículo e ingrediente. Sua ação solubiliza os demais ingredientes sólidos e facilita a penetração e difusão dos mesmos. Adicionada ao alimento, ela age como meio de reação entre os compostos presentes. Através de suas propriedades únicas, interage com as proteínas, modifica a atividade de água e também age como plasticizante.

A água tem também uma importante função econômica associada ao rendimento dos processos. A carne “in natura” tem cerca de 75% em peso de água,

valor que pode ser incrementado em até 20%, diminuindo assim perdas de cozimento e secagem (SEBRANEK, 2009).

A aplicação de cloreto de sódio (NaCl) como tratamento de carnes, tem sido usada na indústria com os objetivos principais de conservação, aumento da capacidade de retenção de água e geração de características sensoriais específicas (LE MESTE, LORIENT e SIMATOS, 2002).

A solubilidade do NaCl é de 35,7g/100 mL para água fria e de 39,1g/100 mL para água quente. Na solubilização, os íons de sódio e cloreto são rodeados pelas moléculas de água. A interação das cargas iônicas do sal com a polaridade da água age immobilizando-a. Esta água não estará mais disponível para reações químicas ou bioquímicas, tanto para o alimento quanto para os microrganismos. Como consequência deste fenômeno, a atividade de água (A_w) é reduzida. Valores na ordem de 0,96 unidades são encontrados em embutidos em geral (RÖDEL ET AL., 1990).

O íon cloreto acelera a formação da cor em produtos curados pelo aumento da taxa de formação do óxido nítrico a partir do nitrito (SEBRANEK, FOX, 1991). Por sua vez, o íon sódio está relacionado com o desenvolvimento e potencialização do sabor.

Preocupações relacionadas com a saúde, principalmente com a associação do consumo de sódio com doenças como hipertensão (STROMILLI, 2009) tem gerado esforços para substituição do sal como ingrediente na indústria cárnea. Misturas de até 50:50 entre cloreto de sódio e cloreto de potássio mostraram aceitáveis sensorialmente, sem prejuízo da concentração necessária de íons cloreto para uma capacidade de retenção de água adequada (ROMMANS, et al., 2001).

Na formulação dos produtos cárneos deve-se considerar que outros ingredientes podem ser fontes de sódio e potássio. Adicionalmente a fonte usual de sódio (NaCl), compostos como o tripolifosfato de sódio (31,2% Na), nitrato de Sódio (27,1% Na), ascorbato ou eritorbato de sódio (11,6% Na), nitrito de Sódio (33,2% Na), monoglutamato de sódio (13,6% Na) e a HPV (proteína vegetal ácido-hidrolisada - 18,0% Na), contribuem para o total de deste íon em um produto cárneo (DESMOND, 2006).

3.3 Agentes de cura

O nitrato de sódio vem sendo usado há séculos como ingrediente mesmo que suas funções e características não estivessem bem esclarecidas e conhecidas. A função do nitrato em produtos curados clássicos é de reserva de nitrito. O nitrato contribui para o processo de cura das carnes depois de convertido a nitrito, transformação difícil de ocorrer na ausência de bactérias redutoras (SEBRANEK, 2009).

O nitrato representa um recurso importante para manutenção de concentrações efetivas do nitrito, uma vez que este é rapidamente consumido nas reações de cura, em produtos que são estocados por longos períodos de tempo. Por sua vez, o nitrito de sódio é o grande responsável pela complexa série de reações químicas que produzem as características únicas conhecidas como processo de “cura”. Mesmo em concentrações muito baixas (50-100 ppm) é o agente responsável pela cor e aroma de produtos curados, capacidade antioxidativa e inibição bacteriana (HONIKEL, 2010).

Ação antimicrobiana do nitrito permite inibição do crescimento de microrganismos anaeróbios, sendo particularmente importante no controle do *Clostridium botulinum*. Também foi observado que este composto tem efeito contra outros patógenos como a *Listeria monocitogenes*. Contudo, o nitrito não parece ter efeito sobre patógenos gram-negativos como *Escherichia coli* e seu uso deve estar aliado a boas práticas de fabricação e manipulação dos alimentos (TOMPKIN, 2005).

O eritorbato, assim como o ácido ascórbico, é um agente redutor que acelera o processo de cura através da reação de oxido-redução com o trióxido de nitrogênio (N_2O_3) formado a partir do nitrito. Ele ainda possui a ação benéfica de reduzir a mioglobina oxidada em metmioglobina tanto pelo nitrito quanto pelo O_2 e desta forma, facilita o desenvolvimento da cor de cura (SEBRANEK, 2009).

3.4 Fumaça

A fumaça como ingrediente ou no processo de defumação é usada na indústria para conferir características organolépticas diferenciadas aos produtos e como método de conservação de alimentos (SIRKOSKI, 2010).

A pirólise da madeira gera uma complexidade de substâncias que dependem da temperatura e tempo de reação, composição, umidade da madeira, entre outros. As madeiras são compostas por três componentes principais, celulose, hemicelulose e lignina, que são decompostos em ácidos, aldeídos da celulose e fenóis da lignina (ELLIS, 2001).

Madeiras leves podem ser queimadas em velocidade mais rápida e temperatura mais baixa, resultando em fumaça com compostos fenólicos mais leves e por consequência produz aroma também mais leve. A queima de madeiras mais duras tem velocidade mais baixa e é executada a temperaturas mais altas. Este processo gera compostos mais pesados e de sensorialidade mais robusta. Estratégias de queima e mistura de diferentes madeiras são utilizadas para permitir que aromas comerciais (fumaças líquidas e aromas de fumaça) possam ser manipulados livremente em relação à adequação do produto e a sensorialidade desejada (ROZUM, 2009). O mesmo autor comenta que outra função importante da madeira é a formação de cor em alimentos cárneos. Durante o processo de defumação, compostos carbonílicos oriundos da queima da madeira reagem com resíduos de aminoácidos dos produtos cárneos na reação conhecida como “Reação de Maillard”.

4. PROCESSAMENTO

A legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) descreve que o Bacon é o produto industrializado, obtido da porção torácico-abdominal dos suínos que passou pelo processo térmico adequado com defumação. Os materiais para embalagem devem adequados para as condições de armazenamento, conferindo a proteção adequada. O produto deve ser manuseado em um ambiente próprio que não apresente riscos de contaminação e nem de adição de substâncias nocivas ao consumo humano (BRASIL, 2000).

Conforme pode ser observado na Figura 3, o processamento de Bacon segue os seguintes passos: uma solução de salmoura (água, sal, condimentos e conservantes) é injetada na barriga suína através de agulhas finas em um equipamento chamado injetora. Após esta etapa a barriga passa por processo de massageamento (tumbleamento) que tem como função promover melhor uniformidade na injeção realizada. Em seguida, as peças são levadas para estufas de cozimento e defumação, onde o sabor e aroma característicos são desenvolvidos. Posteriormente, as peças são resfriadas e embaladas em filmes adequados para serem submetidos a vácuo. As peças ainda recebem embalagem secundária, são unificadas (paletizadas) e expedidas (SEARA, 2010).

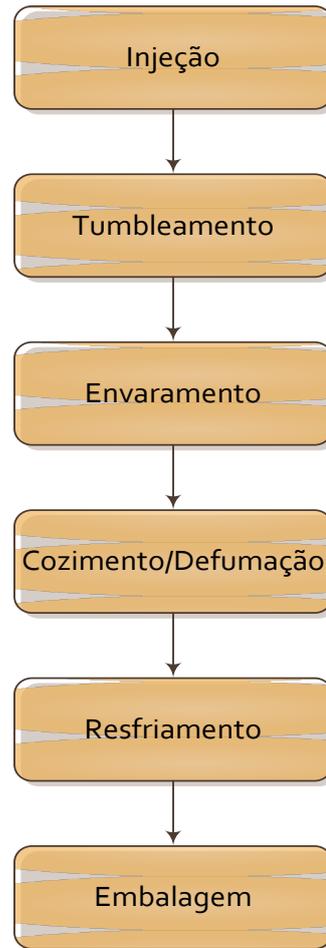


Figura 3: Fluxograma do processamento de bacon.

FONTE: Adaptado de SEARA, (2010).

4.1 Injeção

A Injeção consiste em adicionar, através de múltiplas agulhas, salmoura diretamente entre as fibras de tecido cárneo da barriga suína. O bombeamento da salmoura e o movimento das agulhas injetoras, bem como o movimento da esteira de transporte e as demais variáveis do processo de injeção (vazão, pressão de injeção, etc.) são realizados por meio de um Controle Lógico Programável, ou seja,

um computador especializado para controlar uma ou mais variáveis por meio do processamento de sinais de entrada e saída (ENGEFRIGO, 2010).

4.2 Tumbleamento/Envramento

O processo de tumbleamento consiste em impactar as peças de barriga suína contra a parede de um tambor rotativo com pás internas. Ao serem levantadas e caírem, as barrigas sofrem impacto mecânico que massageia e danifica a estrutura cárnea, acelerando a difusão de componentes como o sal e agentes de cura, permitindo assim melhor uniformização da injeção (HULLBERG, 2005). No envramento, se utiliza ganchos para dispor as peças de barriga injetadas em carros chamados estaleiros que depois serão acomodados na estufa de defumação e cozimento.

4.3 Cozimento/Defumação

No processo de defumação, a fumaça é injetada na forma de partículas dispersas em uma nuvem ou na forma de fumaça líquida. A defumação tem como objetivo provocar efeito bacteriostático na superfície do produto, inibindo o crescimento de bactérias e melhorando desta forma a estabilidade deste alimento. Além disso, é responsável por conferir aroma e sabor desejados ao produto (ROÇA, 2000).

Por sua vez, o cozimento age como complemento ao processo de defumação por causar pasteurização, garantindo a segurança biológica do produto. Durante este processo a barriga sofre perda de peso na forma de água livre.

4.4 Resfriamento/Embalagem

Após o processo de Defumação/cozimento, os estaleiros são dispostos em uma câmara fria para serem resfriados. Em procedimentos de aquecimento e posterior resfriamento, há o risco do crescimento de microrganismos recontaminantes ou sobreviventes, caso o produto não atravesse rapidamente as temperaturas críticas para o desenvolvimento microbiano (ESTELLES, 2003).

As peças de bacon podem ser acondicionadas em embalagens do tipo sacos pré-formados, embalagens flexíveis ou rígidas termoformadas, sendo todas submetidas a vácuo. A barreira de oxigênio inibirá o crescimento de microrganismos aeróbios e a baixa taxa de permeabilidade ao vapor d'água evitará a desidratação superficial que causa problemas de descoloração e perda de peso. A resistência mecânica também é um fator relevante para que com o manuseio e a abrasão não comprometa o vácuo nas operações de distribuição (SARANTOPOULOS, 2001).

5. TRANSFORMAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO BACON

Ao passarem pelas diferentes operações unitárias (injeção, tumbleamento, cozimento, etc), as matérias primas da fabricação do bacon sofrem transformações importantes que resultarão nas características do produto final. O entendimento das transformações e do papel de cada variável, fornece subsídio para o controle e otimização do produto e do processo. As transformações físico-químicas mais importantes no processamento do bacon são a ação da salmoura na matriz protéica, a reação de cura, o cozimento e a formação de cor e aroma de defumado.

5.1 Interação da salmoura com a matriz protéica do músculo

Depois de injetada, a salmoura difunde entre as fibras do músculo. Na carne “in natura” as cadeias protéicas estão compactadas e a água está imobilizada devido à interação de cargas existente. Ao se difundir entre as cadeias protéicas das miofibrilas (Figura 4), a água e os íons de sal interagem com as cargas dos aminoácidos, tornando mais fraca a atração entre as fibras (HONIKEL, 2010).

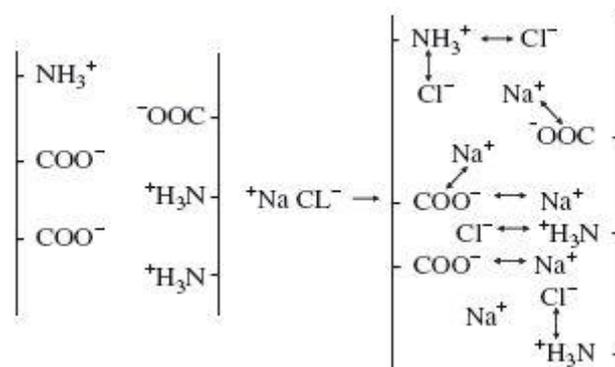


Figura 4: Ação do sal nos aminoácidos das proteínas miofibrilares.

Fonte: Honikel, (2010).

Conforme este fenômeno prossegue, as cadeias vão se distanciando e o músculo aumenta de tamanho ficando inchado e eventualmente, algumas cadeias protéicas podem até se solubilizar (Figura 5) (HONIKEL, 2010).

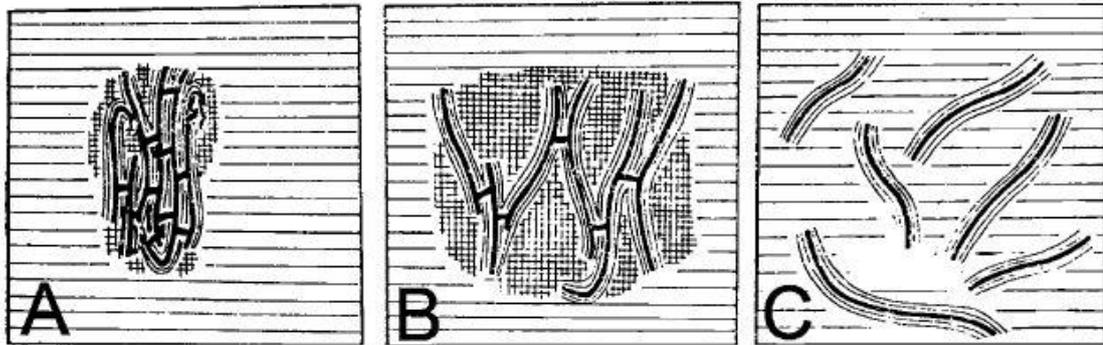


Figura 5: Inchaço das fibras devido à ação da salmoura. A: fibras intactas. B: início do inchaço. C: fibras totalmente inchadas.

Fonte: Honikel, (2010).

5.2 Nitrato/Nitrito e a reação de cura

Os propósitos principais de se usar o nitrito e o nitrato são de promover a “cura” de carnes. O desenvolvimento da cor ocorre através da ligação do óxido nítrico com a mioglobina. A reação de cura é complexa e seu principal produto é o óxido nítrico (NO) (Figura 6) (ROÇA, 2000).

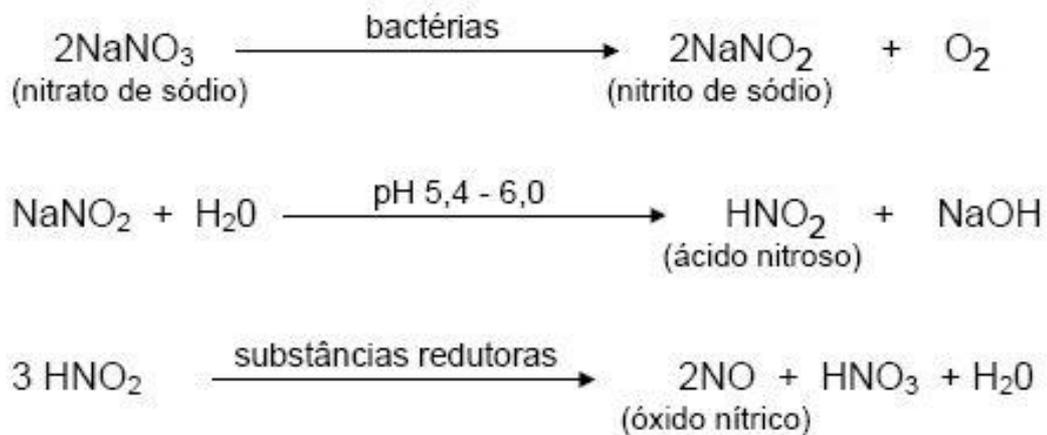


Figura 6: Sumário das reações mais importantes na cura de carnes.

Fonte: Roça, (2000).

O NO reage com o íon ferro, tanto na forma de mioglobina (Fe^{+2}) quanto metamioglobina (Fe^{+3}) para formar a cor de cura. Os principais fatores envolvidos nesta transformação são a presença de agentes redutores e o pH.

O nitrito ainda pode reagir com grupos sulfidríla, liberando óxido nítrico e dissulfeto (SEBRANEK, 2009).

5.3 Nitrito e a formação de cor

Nas carnes, a cor depende de diversas condições tanto internas como externas e, principalmente da quantidade de pigmentos naturais, chamados de pigmentos heme. Estes pigmentos são a mioglobina, a hemoglobina e o citocromo C. Os três pigmentos absorvem todas as faixas de cores, com exceção da faixa de 630 nm a 780 nm, correspondente ao vermelho. A mioglobina é a principal responsável pelo efeito da cor vermelha (OLIVO, 2006). A cor é o resultado da interação entre o anel porfirínico (Figura 7), das possibilidades de ligantes e seus respectivos estados de oxidação (HUNT, 2005).

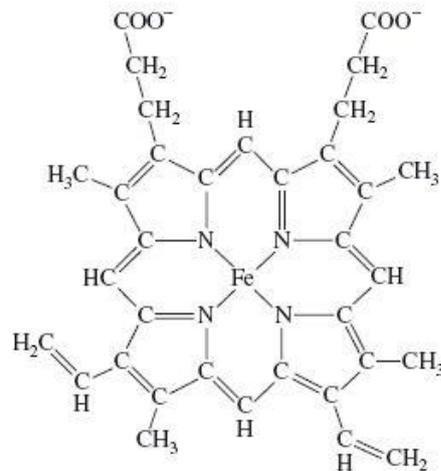


Figura 7: Anel porfirínico ligado ao íon ferro no centro.

Fonte: Honikel, (2010).

Pequenas ou grandes mudanças químicas no pigmento heme fazem com que o mesmo altere sua capacidade de refletir o raio luminoso incidente sobre a carne (Figura 8). Como o pigmento heme é muito instável quimicamente, há vasta possibilidade de tonalidades de cores nas carnes e em seus derivados (OLIVO, 2006).

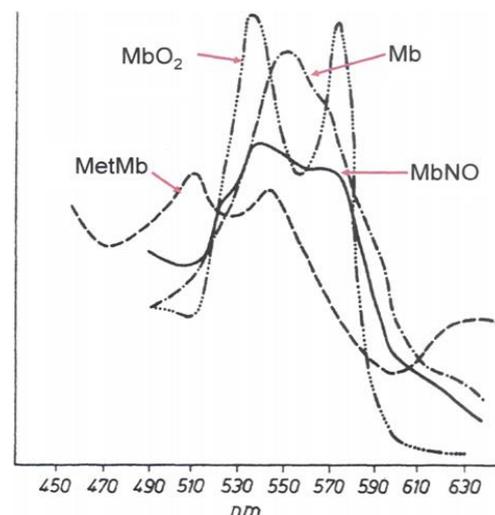


Figura 8: Espectro de diferentes estados de associação da mioglobina.

Fonte: Honikel, (2007).

Em produtos curados, a cor rósea é proveniente da formação do pigmento nitrosilmioglobina, resultado da reação da mioglobina com o óxido nítrico, proveniente da redução do nitrito (FARIA, et al., 2001). A estabilidade da cor dos

O uso de calor em carnes e produtos cárneos tem os seguintes efeitos (BOLES, 2010):

- Destruição de considerável número de microrganismos e aumento da vida de prateleira de carnes e produtos cárneos, desde que não sejam contaminados após o processamento;
- Melhora da palatabilidade da carne intensificando o sabor e alterando a textura;
- Desenvolvimento de cor;
- Diminuição do conteúdo de água da carne “in natura”, especialmente na superfície, o que facilita a retirada de envoltórios em produtos cárneos;
- Modificação da textura e da maciez da carne e de produtos cárneos;
- Coagulação e desnaturação das proteínas cárneas, alterando sua solubilidade e estabilizando a cor de produtos cárneos curados;
- Inativação de enzimas proteolíticas endógenas, com a prevenção da formação de “off-flavours” devido a proteólise.

Durante o aquecimento, as diferentes proteínas cárneas desnaturam e causam mudanças estruturais como a destruição das membranas celulares, encolhimento transversal e longitudinal das fibras cárneas, agregação e formação de gel das proteínas sarcoplasmáticas e o encolhimento e solubilização do tecido conjuntivo (TORNBERG, 2004).

No trabalho sobre os fatores que afetam a composição e quantidade de exudado branco proveniente do bacon cozido, Sheard et al. (2001) observaram que o exudado é composto por água, sal e proteínas sarcoplasmáticas. O exudado é formado quando o bacon é submetido a temperaturas elevadas. As proteínas sarcoplasmáticas, sob a ação do sal se tornam solúveis. Com o início da desnaturação e encolhimento das proteínas, a água é expulsa, carregando as proteínas solúveis que coagulando formam o aspecto de exudado branco. A formação é influenciada pelo método de cura, congelamento, período de estocagem, injeção (concentração de sal) e o pH da carne.

O cozimento tem pouca influência sobre a perda de gordura no processamento de produtos cárneos. A gordura é retida dentro do tecido adiposo e mesmo que esta se torne completamente líquida durante o aquecimento, somente

danos a estrutura das células de gordura resultarão em perdas. Os principais fatores da perda de gordura no processamento de produtos cárneos são danos ao tecido adiposo devido à corte, fatiamento e moagem. Tais fatores estão ainda submetidos ao efeito da temperatura, ou seja, quanto mais sólida for a gordura na carne, mais células serão cortadas no processamento e maiores serão as perdas (RANKEN, 2000).

5.5 Formação do aroma e cor de defumado

A formação de aroma e cor nos produtos cárneos defumados é função da interação das partículas de fumaça com a superfície da carne. A quantidade de componentes da fumaça depositados na carne depende da temperatura, umidade, agitação, e composição da fumaça. Ao se depositar na superfície, tais componentes formam gradiente de difusão para os tecidos mais internos (SIKORSKI, KOLAKOWSKI, 2010).

As carbonilas são os principais componentes responsáveis pela formação de cor nos produtos defumados. Estes compostos são absorvidas na superfície úmida da carne e reagem com as aminas das proteínas, formando a cor desejada. Para conseguir coloração bem escura, é necessário a combinação da superfície do produto úmida com uma umidade relativa alta na câmara de defumação (80-85%), adicionando-se uma etapa de cozimento a seco no final (FEINER, 2006).

Causas comuns de coloração não uniforme são: superfície do produto muito úmida (que pode conduzir a uma absorção desigual de fumaça e a formação de estrias), falta de acondicionamento do produto (início da defumação antes de estarem adequados a temperatura do produto e a umidade superficial da câmara) e aplicação desigual de fumaça (configuração geométrica da câmara de defumação) (FEINER, 2006).

Os compostos responsáveis pelo aroma de defumado são formados na geração de fumaça. A degradação térmica da celulose e hemicelulose estão associadas com a formação de aromas frutados e florais, enquanto a decomposição da lignina forma aromas associados com fumaça, queimado, apimentado, entre outros. O aroma de fumaça é associado com a presença de uma mistura de siringol e 4-metilsiringol. O 4-allilsiringol, guaiacol, 4-metilguaiacol, e o *trans*-isoeugenol também contribuem para o aroma desejado. A grande complexidade e variação do aroma de fumaça esta relacionada com a contribuição de compostos carbonílicos e seus produtos de reação como furanos, ésteres, ácidos carboxílicos de cadeia curta, terpenos bem como a interação destes com os próprios constituintes da carne (SIKORSKI, KOLAKOWSKI, 2010).

6. ATUALIDADES SOBRE PROCESSAMENTO DE BACON

6.1 Carne suína e características de processamento

A aptidão tecnológica do bacon para o fatiamento foi observada no trabalho de Sheard et al. (2001) avaliando a influência da variação da composição de óleos e proteínas na alimentação de suínos. Foi observado que as melhores características de processamento para o bacon fatiado foram obtidas quando a gordura do produto é mais firme, ou seja, quando possui um acúmulo maior de gordura saturada em seu tecido adiposo. O acúmulo de gordura saturada nos suínos está diretamente relacionado com o consumo destas gorduras na dieta.

O uso de ractopamina (RAC), um aditivo de ração na alimentação de suínos, e sua relação com o rendimento e características de qualidade do bacon foram observados por Scramlin et al. (2008). A administração de RAC mostrou-se eficiente, na concentração de 5 ppm, para aumentar o rendimento do processamento da barriga em bacon e melhorou características de qualidade como a firmeza, responsável pelo bom desempenho de fatiabilidade.

A temperatura ótima de fatiabilidade do bacon depende do conteúdo de sal, do tempo de maturação, do tipo de equipamento usado e da velocidade de fatiamento. Conforme citado por James et al. (2002), a temperatura ótima decresce com o aumento da concentração de sal (Figura 10). Por outro lado, a força de cisalhamento necessária para a fatiabilidade é função da temperatura, umidade e uniformidade da peça (BROWN et al., 2005), tornando assim o esforço de otimização dependente de procedimentos experimentais como o descrito por James e James (2002).

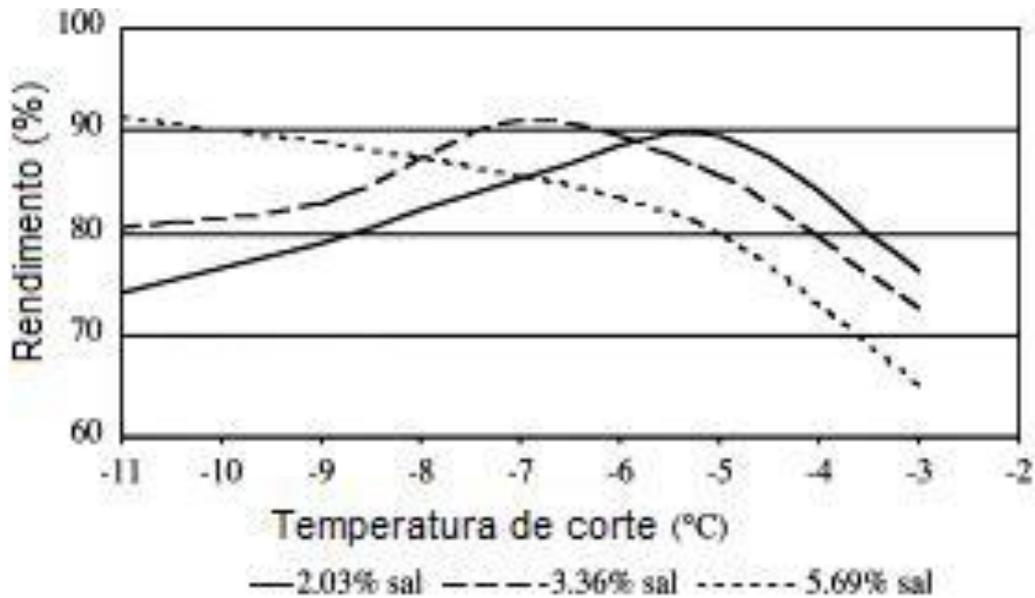


Figura 10: Temperatura de rendimento ótimo do bacon fatiado para diferentes concentrações de sal.

Fonte: James et al. (2002)

A influência da espessura da barriga suína no rendimento e aceitação sensorial do bacon foi estudada por Person et al. (2005). Embora barrigas mais espessas tenham sido responsáveis por maiores rendimentos de fatiamento, foi observado que barrigas com espessura média e finas foram as de melhor aceitação sensorial, em termos visuais (proporção entre tecido magro/gordura) e na intenção de compra.

A proporção entre tecido magro/gordura é um dos fatores predominantes na compra do bacon e esta característica, afeta a aparência do bacon cozido e sua palatabilidade. Yi e Chen (2003) desenvolveram uma metodologia não destrutiva para a predição da proporção entre tecido magro/gordura baseada em gravidade específica (Figura 11).

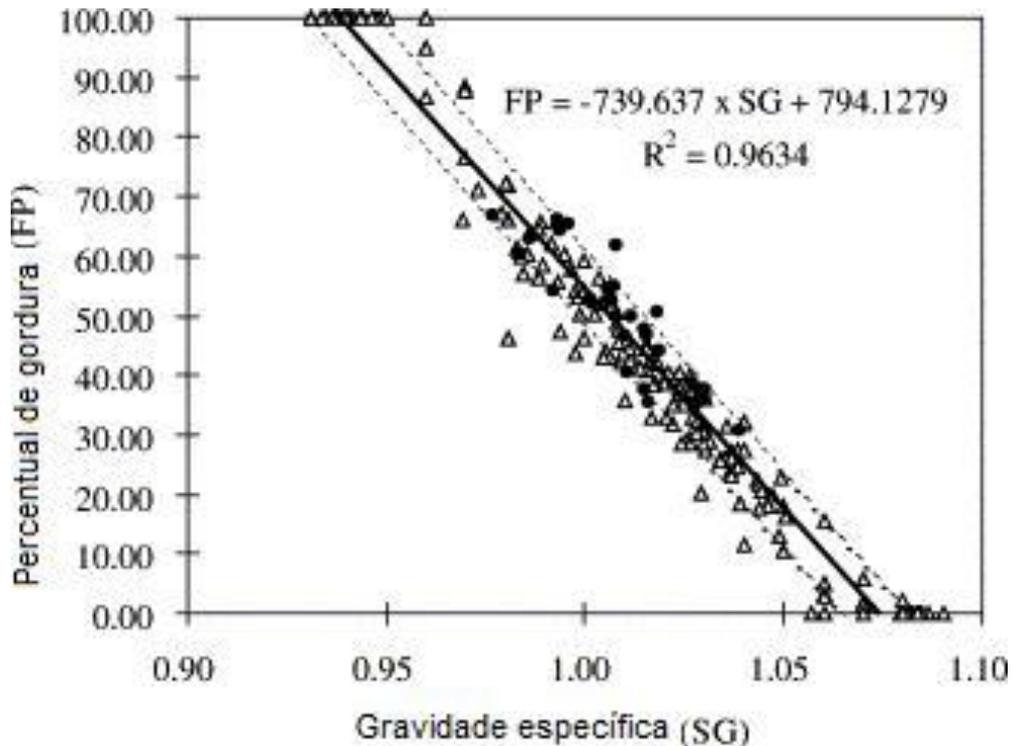


Figura 11: Relação entre o percentual de gordura e a gravidade específica da barriga suína. (Δ) valores preditos e (\bullet) valores experimentais.

Fonte: Yi e Chen, (2003).

A equação de regressão utilizou um modelo linear com a gravidade específica como termo independente. Pode-se observar forte correlação entre os termos (0,98) com 96% da variação no percentual de gordura explicada pela variação na gravidade específica. Os resultados mostram que as medidas de gravidade específica podem ser usadas para prever o percentual de gordura na barriga suína com razoável grau de precisão, tornando o método uma ferramenta bastante útil para o controle de qualidade na indústria.

6.2 Cozimento por microondas

Uma das operações mais modernas na fabricação de bacon é o cozimento por microondas. O consumo de bacon pré-cozido por microondas tem mostrado crescimento, principalmente relacionado ao setor de “fast food” como aplicações em lanches. Do ponto de vista do fabricante, a tecnologia de microondas representa economia de energia e permite grande controle sobre a cor, aroma e temperatura de cozimento, limitando a perda de voláteis e minimizando a formação de nitrosaminas. Em seu trabalho sobre os efeitos do processamento e das características da matéria prima sobre o bacon pré-cozido por microondas, James et al. (2006) observou que tempo, potência e disposição geométrica são fatores que influenciam o rendimento e a qualidade do produto final.

Em forno de microondas doméstico, os parâmetros de cozimento mais efetivos foram de 1000 W por 3 minutos com o bacon elevado 43 mm acima da mesa do forno para o bacon de barriga suína e de 500 W por 5 minutos e 43 mm acima da mesa para bacon de pernil. Por outro lado, no forno de microondas industrial os parâmetros mais efetivos foram 6 kW por 115 segundos. Segundo o autor, estas diferenças são consequência da diferença de tecnologia entre a configuração existente no forno industrial e no doméstico. A melhor estratégia para projetar um sistema industrial de microondas para Bacon, para obter resultados válidos é então a realização de testes em escala piloto (JAMES et al. 2006).

6.3 Fumaça líquida

Defumação é uma das primeiras técnicas conhecidas para conservar alimentos. A defumação tradicional com queima da madeira está sendo substituída pelo uso de fumaça líquida. O uso de fumaça líquida apresenta importantes vantagens, pois reduz consideravelmente o tempo necessário para atingir o perfil organoléptico de alimentos defumados e permite controlar de maneira mais eficiente os contaminantes como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's). A fumaça líquida tem sido usada das seguintes formas (BORYS, 2004):

- Líquidos para aplicação como spray e nebulização
- Imersão ou banho
- Emulsões incorporadas nas fórmulas por injeção ou mistura
- Emulsões aquosas para banho ou salmoura
- Misturas secas em pó com maltodextrina, sal, açúcares, amido, proteínas e condimentos
- Incorporadas em óleos vegetais

A análise dos principais constituintes do aroma da fumaça líquida e sua relação com parâmetros de processamento foram discutidas na revisão feita por Simon (2005). A composição da fumaça usada como aditivo alimentar depende do tipo da madeira e seus constituintes. A celulose e hemicelulose se decompõem em metanol, formaldeído, ácido fórmico e acético, acetaldeído, hidroxiacetaldeído, furfural, furanonas, entre outros. A lignina decompõe-se principalmente em éteres de fenol. O mesmo autor ressalta que apesar da composição química da madeira ter influência, são os parâmetros de processamento (composição de oxigênio, tempo de residência e temperatura da pirólise) que tem o maior impacto sobre a composição da fumaça gerada. Os processos endotérmicos como a liberação de água (condensação) acontecem na faixa de 120–150 °C. As reações exotérmicas de degradação acontecem em temperaturas mais elevadas: hemicelulose (200-250 °C), celulose (280-320 °C) e lignina (400 °C). A ocorrência de HPA's aumenta na faixa de 400-1000 °C e o máximo de rendimento em compostos desejados organolepticamente ficou na faixa de 400-650 °C e o a maior produção de fenóis ficou na temperatura de 650 °C.

Em relação à qualidade do produto, o trabalho de Martinez (2004) com Bacon tratado com fumaça líquida relata que a modificação de textura é dependente da composição da fumaça. Compostos fenólicos têm maior capacidade de formar pontes de hidrogênio com a água, melhorando a capacidade de retenção de água e diminuindo dureza, elasticidade e coesividade. Por outro lado, derivados de carbonilas tem menor capacidade de retenção de água e são responsáveis por aumentos em dureza, coesividade e elasticidade.

A fumaça é um dos mais antigos métodos de preservação de alimentos. Efeitos como a desidratação superficial e a ação de compostos como fenóis e formaldeído depositados como materiais resinosos na superfície da carne têm propriedades bacteriostáticas (ROÇA, 2000). Conforme o estudo realizado por Martin, (2010), a aplicação de fumaça líquida também é efetiva no controle da contaminação de produtos cárneos. Salsichas Frankfurt inoculadas com *Listeria monocytogenes* tiveram redução de 1 log ao serem tratadas superficialmente com fumaça líquida, sem prejuízo em termos sensoriais.

Os compostos fenólicos da fumaça têm ainda conhecida ação antioxidante (BORTOLOMEAZZI, 2007). Conforme observado por Kjällstrand, e Petersson (2001), componentes presentes na madeira fumaça de madeira como guaiacol, siringol e catecol são similares a compostos como ubiquinol e α -tocofero. Estudos mostraram ainda que a capacidade antioxidante destes componentes segue a ordem: dihidroxibenzenos > 2,6-dimetoxifenóis > 2-metoxifenóis.

6.4 Processamento de produtos curados sem adição de nitrito

Apesar dos efeitos tecnológicos desejados de inibição microbiana e desenvolvimento das características organolépticas dos produtos curados, os agentes de nitrosação, derivados do nitrito, podem reagir com aminas e aminoácidos formando nitrosaminas (IARC, 1978).

Tais compostos são carcinogênicos e têm sido detectados em vários produtos cárneos (YURCHENKO, MOLDER 2005), particularmente em bacon e análogos de bacon, conforme observado por Glória (1997) em seu trabalho sobre nitrosaminas voláteis em bacon frito.

Conforme o estudo realizado por Honikel (2010) sobre o uso e controle de nitrito e nitrato no processamento de produtos cárneos, o nitrito e o nitrato reagem facilmente porque o nitrogênio tem a possibilidade de assumir diversas formas de oxidação nos produtos cárneos. O autor ressalta ainda que a ingestão de outros produtos como cerveja ou pizza colocam o consumidor em risco de ingestão

potencialmente maior de nitrosaminas quando comparadas com produtos cárneos. No entanto, reconhece a possibilidade de formação de nitrosaminas em produtos cárneos sob condições específicas como a combinação de aminas disponíveis com pH baixo e aquecimento, confirmada pelos estudos de Markewics (2009).

Uma alternativa para o uso de nitrito em produtos cárneos curados foi proposta por Pegg e Shahidi (2006), baseada na substituição do ingrediente nitrito por outros ingredientes como corantes, antioxidantes e antimicrobianos que possam oferecer as mesmas propriedades tecnológicas de aplicação nos produtos cárneos em termos de cor, capacidade antioxidante e proteção biológica que o nitrito fornece.

6.4.1 Cor

O pigmento responsável pela cor característica de cura é o complexo formado na reação da mioglobina e o óxido nítrico (NO), chamado de nitrosilmioglobina. Quando desnaturado pelo calor, forma o nitrosohemocromo, a cor estável de produtos curados cozidos. A alternativa tecnológica para a cor rosada de curado proveniente da reação de cura é a utilização de corantes para promover o mesmo efeito visual.

A patente de Shahidi e Pegg (1993), descreve a fabricação de um pigmento com a cor característica de cura formado a partir da purificação do complexo heme de sangue recuperado e posterior tratamento com óxido nítrico. Como o pigmento não conta com a matriz protéica da carne para estabilizá-lo, é instável e deve ser encapsulado. O produto final é o corante natural em pó.

Conforme estudado por Zhang (2007) em seu trabalho sobre a produção de cor curada em salsicha sem nitrito através da fermentação com *Lactobacillus fermentum*, há a possibilidade de se obter a cor de produtos curados pela conversão bacteriana do pigmento Mb(Fe³⁺) para o pigmento nitroso-mioglobina NO-Mb(Fe²⁺). Tanto a aplicação do pigmento encapsulado, como a fermentação bacteriana

depende de boa homogeneização para produzir bons resultados e são assim mais efetivos em produtos emulsionados.

6.4.2 *Capacidade antioxidante*

Antioxidantes têm sido investigados para substituir o nitrito. Componentes sintéticos como hidroxibutiltolueno (BHT) e hidroxibutilanisol (BHA) são eficazes, mas tem enfrentado resistência de uso por suspeitas de terem atividade carcinogênica (VALENTÃO et al. 2002). Ingredientes naturais como especiarias tem se mostrado promissoras, uma vez que além das propriedades antioxidantes, também conferem aroma e sabor, melhorando as características sensoriais dos produtos (NAKATANI, 1997).

Compostos de ervas e especiarias que são fontes potenciais de antioxidantes naturais incluem diterpenos fenólicos, flavonóides, taninos e ácidos fenólicos. Estes compostos têm ação antioxidante, antiinflamatória e anticâncer (DAWIDOWICZ, WIANOWSKA, BARANIAK, 2006). Nos sistemas alimentícios, eles retardam a oxidação lipídica, inibem o crescimento de microrganismos e diminuem o risco de doenças. Dentre os vegetais que contém ação antioxidante pode-se citar o alecrim, chá verde, cravo, alho, sálvia e orégano (ZHANG et al. 2010).

6.4.3 *Proteção biológica*

Alternativas que têm sido usadas para a substituição do nitrito incluem propilparabenos, ácido sórbico e seus sais de potássio, ésteres de ácido fumárico,

ácido láctico e seus sais, nisina e outras bacteriocinas. Novidades em antimicrobianos naturais são descritas por Weiss et al. (2010) em sua revisão sobre avanços em ingredientes e sistemas de processamento para carnes e produtos cárneos.

Antimicrobianos ocorrem tanto em vegetais na forma de compostos como óleos essenciais, terpenos, cumarinas e flavonóides como também podem ser obtidos através de microrganismos (bacteriocinas) como ainda de animais (lisozima e polipeptídios antimicrobianos) (GAYSINSKY e WEISS, 2007). Devido ao amplo espectro de atividade do nitrito, a substituição por um único antimicrobiano é dificultada e combinações devem ser feitas.

O trabalho de Ntziman, Giatrakou e Savvaidis (2010) mostra a adição de EDTA, lisozima, alecrim e óleo de oregano em carne de frango estocada sob vácuo a 4°C. Os resultados mostraram que a combinação foi efetiva tanto para bactérias gram positivas quanto para gram negativas. Mofos foram pouco afetados. Combinações de nisina com óleo de oregano foram testadas em carne de ovelha picada durante a estocagem refrigerada (Govaris et al. 2010). O crescimento de salmonela enteritidis foi inibido após a adição de 500–1000 IU/g de nisina e 0,6–0,9% de óleo de orégano. A combinação de quitosana com menta como antimicrobianos foi estudada em produtos cárneos por Kanatt, Ramesh e Sharma (2008). Segundo o trabalho deles, a combinação mostrou não apenas atividade antimicrobiana como também atividade antioxidante. As propriedades antioxidantes foram atribuídas à quitosana e a ação antimicrobiana a menta. A mistura de quitosana com menta na proporção de 0,05% foi capaz de inibir o crescimento de *S. typhimurium*, *Pseudomonas*, *E. coli*, *B. cereus* e *S. aureus* durante a estocagem a 0–3 °C por 28 dias.

6.5 Tecnologia de pasteurização por plasma a frio

A demanda crescente por alimentos mais frescos tem levado as pesquisas a desenvolverem métodos não térmicos para preservação de alimentos como radiação

ionizante, alta pressão hidrostática, campo elétrico pulsante, campo magnético oscilante e ultrassom de alta potência (RASO e BARBOSA-CANOVAS, 2003).

Plasma é matéria eletricamente energizada no estado gasoso. É obtido geralmente pela passagem de um ou mais gases por um campo elétrico (entre dois eletrodos), tanto em campo contínuo como alternante, formando assim descargas (BOGAERTS et al., 2002).

O plasma produz espécies antimicrobianas ativas como íons, elétrons e fótons ultravioletas (UV), bem como espécies neutras reativas (radicais, átomos excitados e moléculas) com energia suficiente para quebrar ligações covalentes e iniciar reações químicas. Durante o tratamento por plasma, os microrganismos são esterilizados como resultado direto do contato com as espécies antimicrobianas ativas (MOISAN et al., 2001).

A possibilidade de gerar descargas de plasma não térmicas à pressão atmosférica torna o processo de descontaminação prático e barato. Adicionalmente, o fato da temperatura do gás nestas descargas permanecer baixa, torna seu uso aplicável a produtos sensíveis ao calor (SONG et al., 2009).

Estudos têm demonstrado que o plasma é efetivo para reduzir a população microbiana de superfícies de materiais como vidro, metais, tecidos e uma grande variedade de microrganismos como bolores, bactérias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (LEE et al. 2006) e também *Listeria monocytogenes* (SONG et al. 2009), sendo uma das mais promissoras tecnologias de pasteurização não térmica (YUNA et al. 2010).

O efeito do uso de plasma a pressão atmosférica e temperatura ambiente na inativação de patógenos inoculados em bacon foram observados por Jo et al. (2010). Diferentes misturas de hélio e oxigênio foram usadas para gerar plasma e tratar superfícies inoculadas com *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Salmonella Typhimurium*. O plasma de hélio obteve redução de 1-2 log e a mistura de hélio com oxigênio obteve reduções de 2-3 log para os microrganismos estudados. Não foram observadas alterações na cor, no pH e nos aspectos visuais.

6.6 Bacon enriquecido com ômega 3

Os ácidos graxos necessários pelos seres humanos são o ácido linoléico e o ácido α -linolênico, compostos com cadeias de 18 carbonos com ligações duplas começando no sexto (ômega-6) ou terceiro (ômega-3) carbono, partindo da extremidade metílica. Produtos de suínos podem ser enriquecidos com ácidos graxos ômega-3 através da adição de sementes oleaginosas como canola e linhaça na alimentação dos animais (BOURRE, 2005).

Ácidos graxos ômega-3 como ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) podem ser seletivamente aumentados em suínos através do enriquecimento da alimentação dos animais com óleo de peixe e subprodutos da ração de peixe (IRIE, SAKIMOTO, 1992). Contudo, problemas de odores anormais aparecem quando a quantidade destes componentes passa a concentração de 1% da alimentação. Somam-se a isso, preocupações relativas à falta de testes sobre toxicidade ambiental dos subprodutos de peixe (HOWE et al., 2002). A maior fonte de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 para peixes vem de microalgas (SPOLAORE et al., 2006).

A alimentação de suínos com microalgas e sua influência na quantidade de DHA foi estudada por Meadus ET AL. (2010) que observou relação direta entre a ingestão de DHA na dieta e sua disponibilidade no bacon produzido (Figura 12).

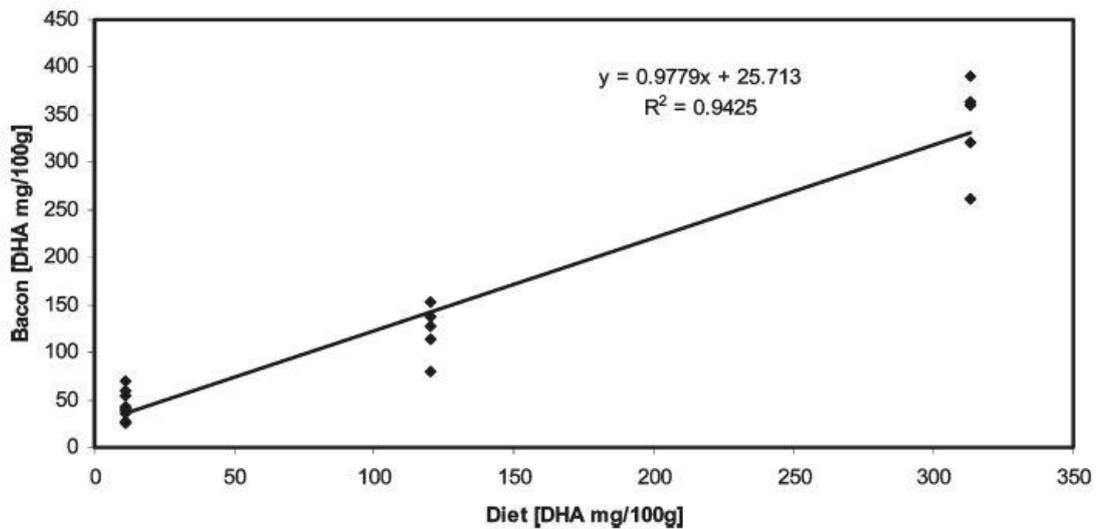


Figura 12: Relação entre ingestão de DHA na dieta dos suínos e concentração de DHA no bacon produzido.

Fonte: Meadus et al. (2010).

O conteúdo de DHA no bacon foi aumentado até 97 mg/100 g quando 1 g do ácido graxo foi adicionado a 1kg de ração. Contudo, valores altos de ingestão geraram problemas de odor devido à oxidação.

O aumento de DHA no bacon abre caminho para o desenvolvimento de produtos funcionais. Segundo a legislação brasileira, pode-se usar a alegação de funcionalidade para ômega-3 (“O consumo de ácidos graxos ômega-3 auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos, desde que associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”) quando há valores de no mínimo 0,1g de EPA e ou DHA em uma porção ou em 100g ou 100mL do produto pronto para o consumo (BRASIL, 2008).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção e consumo de produtos de origem animal tende continuar aumentando nos próximos anos. O consumidor brasileiro está particularmente interessado em produtos de origem animal industrializados que podem ser vistos como matérias primas que passaram por processamentos específicos resultando em características bem diferenciadas.

O bacon pode ser descrito e entendido neste contexto. Sua qualidade depende fortemente da qualidade da matéria prima que é inerentemente sujeita a variabilidade. Cada operação aplicada durante o processo modifica o conjunto de variabilidades, trilhando o caminho para se atingir os parâmetros desejados no final.

O entendimento das características das matérias primas, da função de cada operação e da transição entre matéria prima e produto final é de fundamental importância para o profissional responsável por zelar pela qualidade adequada do produto elaborado, seja química, física, biológica ou sensorial.

REFERÊNCIAS

- ABIPECS. **Brasil pode triplicar exportações de carne suína até 2015**. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/news/110/135/Brasil-pode-triplicar-exportacoes-de-carne-suina-ate-2015.html>> Acesso em: 06/12/2010.
- ADAMSEN, C.E. MØLLER, J.K.S. LAURSEN, K. OLSEN, K. SKIBSTED, L.H. Zn-porphyrin formation in cured meat products: Effect of added salt and nitrite. **Meat Science**, v.72, p. 672–679, 2006.
- BOLES, J.A. Thermal processing In: TOLDRÁ, F. **Handbook Of Meat Processing**. Blackwell Publishing: 2010. p. 169-183.
- BORTOLOMEAZZI, R. SEBASTIANUTTO N., TONIOLO, R. PIZZARIELLO, A. Comparative evaluation of the antioxidant capacity of smoke flavouring phenols by crocin bleaching inhibition, DPPH radical scavenging and oxidation potential, **Food Chemistry**, 100: p. 1481–1489. 2007.
- BORYS, A., Liquid smoke application, in: JENSEN, W. K., DEVINE, C., DIKEMAN, K. **Encyclopedia of Meat Sciences**. London: Elsevier 2004, p. 1272–1277.
- BOURRE, J. M. Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: what is actually useful? **Journal of Nutrition and Health Ageing**, 9: p. 232–242. 2005.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm>. Acesso em: 06/12/2010.

BOGAERTS, A. NEYTSA, E. GIJBELSA, R. MULLENB, V. D. J. Gas discharge plasmas and their applications. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy** . V. 57, I 4. p. 609-658. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprovar os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Patê, de Bacon ou Barriga Defumada e de Lombo Suíno. Instrução normativa nº 21, de 31 de julho de 2000. **Diário Oficial**. Brasília, 2000. p. 12.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio - Brasil 2008/2009 a 2019/2020**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/projecoes_web.pdf>. Acesso em: 20/09/2010.

BROWN, T. GIGIEL, A.J. SWAIN AND C. JAMES, M.V.L. Practical investigations of two-stage bacon tempering, **International Journal of Refrigeration**. V. 26. I:6.p. 690–697. 2003.

BROWN, T. JAMES S.T. E PURNELL, G.L. Cutting forces in food: experimental measurements. **Journal of Food Engineering**, 70: p.165–170. 2005.

CHASSEIGNAUX, E., GÉRAULT, P., TOQUIN, M.-T., SALVAT, G., COLIN, P. AND ERMEL, G. Ecology of *Listeria monocytogenes* in the environment of raw poultry meat and raw pork meat processing plants. **FEMS Microbiology Letters**, 210: p. 271–275. 2002.

Dawidowicz, A.L. Wianowska, D. Baraniak, B. The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts), **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologic**, 39: p. 308–315. 2006.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, 74: p. 188-196. 2006

DRABIK-MARKIEWICZ, G. VAN DEN MAAGDENBERG, K. DE MEY, E. DEPREZ, S. KOWALSKA T. E PAELINCK, H. Role of proline and hydroxyproline in N-

nitrosamine formation during heating in cured meat, **Meat Science**, 81: p. 479–486. 2009.

ELLIS, F. D. Meat Smoking Technology. In: HUI, Y. I. et al. **Meat Science and Applications**. New York: Marcel Dekker, Inc. 2001.

ENGEFRIO. **Injetora de Salmora**. Disponível em: <http://www.engefrigo.com.br/index.php?link=novi_injetora_salmora>. Acesso em: 06/12/2010.

ESTELLES, R.S. **Importância do controle da temperatura e do tratamento térmico na preservação dos nutrientes e da qualidade dos alimentos**. Monografia, 2003.

FAOSTAT. Top production – **Indigenous pigmeat** – 2008. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 06/12/2010.

FARIA, J. A. F.; FELICIO, P. E.; NEVES, M. A.; ROMANO, M. A. – Formação e Estabilidade da Cor de Produtos cárneos Revisão – **Revista Tecnologia de Carnes** – Campinas, SP, v. 3, n. 2, p.16-22, 2001.

FEINER G. **Meat Products Handbook**: Pratical science and technology. Cambridge: CRC Press,2006.

GAYSINSKY, S. WEISS, J. Aromatic and spice plants: Uses in food safety, **Stewart Postharvest Solutions**, 4: p. 9–16. 2007.

GLORIA, M.B.A. BARBOUR J.F. SCANLAN, R.A. Volatile nitrosamines in fried bacon. **Journal of Agricultural and. Food Chemistry**, 45: p. 1816–1818. 1997.

GOVARIS, A. SOLOMAKOS, N. PEXARA A. CHATSOPOULOU, P.S. The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against

Salmonella Enteritidis in minced sheep meat during refrigerated storage, *International Journal of Food Microbiology*, 137: p. 175–180. 2010.

HOLLEY RA, PATEL D 2005. Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*, 22: p. 273-292.

HONIKEL, K. O. Curing In: TOLDRÁ, F. **Handbook Of Meat Processing**. Blackwell Publishing: P. 125-141. 2010.

HOWE, P. R. C.; DOWNING, J. A.; GRENYER, B. F. S.; GRIGONIS-DEANE, E. M.; BRYDEN, W. L. Tuna fishmeal as a source of DHA for n-3 PUFA enrichment of pork, chicken, and eggs. *Lipids*, 37: p. 1067–1076. 2002.

HULLBERG, A. et al. Effect of tumbling and RN genotype on sensory perception of cured-smoked pork loin. *Meat Science*. V. 69, I. 4, p. 721-732. 2005.

IARC. Some N-nitroso compounds. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**, 17. 1978.

IRIE, M.; SAKIMOTO, M. Fat characteristics of pigs fed fish oil containing eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Journal of Animal Science*, 70, p. 470–477. 1992.

JAMES, C. BARLOW, K. E. JAMES, S. J. E SWAIN, M. J. The Influence of Processing and Product Factors on the Quality of Microwave Pre-Cooked Bacon, *Journal of Food Engineering*, 77, p.835-843. 2006.

JAMES, C. JAMES, S.J. Meat Freezing. In: JAMES, C. JAMES, S.J. **Meat refrigeration**. Cambridge: Woodhead Publishing. p. 137-157. 2002.

JONMEADUS, W. DUFF, P. UTTARO, B. AALHUS, J. L. ROLLAND, D. C. GIBSON, L. L. DUGAN, A. D. R. Production of Docosahexaenoic Acid (DHA) Enriched Bacon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: p. 465–472. 2010.

- KANATT, S.R. RAMESH C. SHARMA, A. Chitosan and mint mixtures: A new preservative for meat and meat products, **Food Chemistry**, 107; p. 845–852. 2008.
- KJÄLLSTRAND, J. PETERSSON, G. Phenolic antioxidants in wood smoke. **The Science of the Total Environment**, 277: p. 69–75. 2001.
- KIMA, B. YUNA, H. JUNGA, S. JUNGA, Y. JUNGB, H. CHOEB W. E JOA, C. Effect of atmospheric pressure plasma on inactivation of pathogens inoculated onto bacon using two different gas compositions. **Food Microbiology**, v. 28. p. 9-13. 2011.
- LAWRIE, R.A.. **Lawrie's meat science**. 6th ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 1998.
- LE MESTE, M. LORIENT, D. SIMATOS, D. **L'eau dans aliments**. Paris: Editions TEC & DOC, 674p. 2002
- LEE, K. PAEK, K. H. JU, W. T. LEE, Y. Sterilization of Bacteria, Yeast, and Bacterial Endospores by Atmospheric-Pressure Cold Plasma using Helium and Oxygen. **The Journal of Microbiology**. p. 269-275. 2006.
- MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Review: Current research in meat color. **Meat Science**, v.71, p.100-121, 2005.
- MARTIN, E. M., O'BRYAN, C. A., LARY, R. Y., GRIFFIS, C. L., VAUGHN, K. L. S., MARCY, J. A., RICKE, S. C. & CRANDALL, P. G. Spray application of liquid smoke to reduce or eliminate *Listeria monocytogenes* surface inoculated on frankfurters. **Meat science**, p. 1-5. 2010.
- MARTINEZ O., SALMERON J., GUILLEN M.D. AND CASAS C. Textural and physicochemical changes in salmon (*Salmo salar*) treated with commercial liquid smoke flavourings. **Food Chemistry**, 100: p. 498–503. 2007.

O. MARTINEZ, J. SALMERÓN, M.D. GUILLÉN AND C. CASAS, Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavourings, **Food Control**, 15: p. 457–461. 2004.

MOISAN, M. BARBEAU, J. MOREAU, S. PELLETIER, J. TABRIZIAN M. E YAHIA, L.H. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms, **International Journal of Pharmaceutics**, 226: p. 1–21. 2001.

NAKATANI, N. Antioxidants from spices and herbs. In: SHAHIDI, F. **Natural antioxidants: Chemistry, health effects, and applications**. p. 64–75. Champaign: AOCS Press. 1997.

NASCIMENTO, T.S. Metemoglobinemia: do diagnóstico ao tratamento. **Rev. Bras. Anestesiol.**, Campinas, v. 58, n. 6, p. 651-664. 2008.

NTZIMANI, A.G. GIATRAKOU V.I. SAVVAIDIS, I.N. Combined natural antimicrobial treatment (EDTA, lysozyme, rosemary and oregano oil) on semi cooked coated chicken meat stored in vacuum packages at 4C: Microbiological and sensory evaluation, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 11: p. 187–196. 2010.

OLIVO, RUBISON. Fenômeno do esverdeamento em carnes e derivados. In: Revista **Nacional da Carne**. São Paulo Vol. 30, n. 351, p. 12-32. 2006.

PACHECO, J.W. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 2006.

PERSON, R. C., D. R. MCKENNA, D. B. GRIFFIN, F. K. MCKEITH, J. A. SCANGA, K. E. BELK, G. C. SMITH, AND J. W. SAVELL.. Benchmarking value in the pork supply chain: Processing characteristics and consumer evaluations of pork bellies of different thicknesses when manufactured into bacon. **Meat Science**. V. 70: p. 121-131. 2005.

RANKEN, M.D. **Handbook of Meat Product Technology**. Blackwell Publishing, 2000.

RASO, J. BARBOSA-CANOVAS, G.V. Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 43: p. 265–285. 2003.

RICHARDSON, P. S. **Thermal technologies in food processing**. Cambridge: CRC Press, 2001.

ROÇA, R. O. . **Defumação**. Botucatu: FCA-UNESP, 2000 (artigo técnico).

RÖDEL, W.; SCHEUER, R.; WAGNER, H. Nuevo Metodo para la Determinacion de la Actividad Agua en Productos Cárnios. **Fleischwirtschaft**. v.2,p.36-41, 1990

ROMANS , J. R. , COSTELLO , W. J. , CARLSON , C. W. , GREASER , M. L. , & JONES , K. W.. **The meat we eat**. Danville, IL : Interstate Publishers. 2001.

ROZUM, J. J. Smoke Flavor. In: TARTÉ, R. **Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications**. New York: Springer. p. 211-226. 2009.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. Carnes, aves, pescados e derivados. In: SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. p.151-171.

SCRAMLIN, S. M., S. N. CARR, C. W. PARKS, D. M. FERNANDEZ-DUEÑAS, C. M. LEICK, F. K. MCKEITH, AND J. KILLEFER. Effect of Ractopamine level, gender and duration of Ractopamine on belly and bacon quality traits. **Meat Science**. V. 80, I. 4, p. 1218-1221. 2008.

SEABRA, F. ; JURGENFELD, V. ; LESBAUPIN, A. F. ; ARUTO, P. C. . Exportações de carne suína, market share e barreiras não-tarifárias: os casos de Santa Catarina,

Brasil e Dinamarca. In: XLVII **Congresso da Sober**, 2009, Porto Alegre. Anais do XLVII Congresso da Sober, 2009.

SEARA. Perguntas mais frequentes: **Bacon**. Disponível em: <<http://www.seara.com.br/fale-conosco/>>. Acesso em: 06/12/2010.

SEBRANEK, J.G. Basic Curing Ingredients. In: TARTÉ, R. **Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications**. New York: Springer. p. 1-25. 2009.

SEBRANEK, J.G. SEWALT, V.J.H. ROBBINS K.L. HOUSER, T.A. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, 69: p. 289–296. 2004.

SEBRANEK, J. G. and FOX, J. B., Rate of nitric oxide formation from nitrite as affected by chloride ion concentration. **Journal of Muscle Foods**, 2: p. 11–20. 1991.

SHAHIDI, F. PEGG, R. B. Processing of Nitrite-Free Cured Meats. In: NOLLET, L. M. L. TOLDRÁ, F. **Advanced Technologies For Meat Processing**. CRC Press, 2006.

SHAHIDI, F. PEGG, R. B. **Stabilized cooked cured-meat pigment**. US Pat. 5425956 – 30 de Abril de 1993

SHEARD, P.R., TAYLOR, A.A., SAVAGE, A.W.J., ROBINSON, A.M., RICHARDSON, R.I. and NUTE, G.R. Factors affecting the composition and amount of 'white exudate' from cooked bacon. **Meat Science**, v. 59, p. 423–435. 2001.

SILVA, J. P. ; GOMES DASILVA, L. P. . Estudo e avaliação do consumidor de carne suína "in natura" e industrializada na microrregião de guarabira. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMI-ÁRIDO**, v. 05, p. 57-61, 2009.

SIKORSKI, Z. E. KOLAKOWSKI, E. Smoling In: TOLDRÁ, F. **Handbook Of Meat Processing**. Blackwell Publishing: 2010. p. 231-245.

SIMON, R., DE LA CALLE, B., PALME, S., MEIER, D. AND ANKLAM, E. Composition and analysis of liquid smoke flavouring primary products. **Journal of Separation Science**, 28: p. 871–882. 2005.

SOLDERA S, SEBASTIANUTTO N & BORTOLOMEAZZI R. Composition of phenolic compounds and antioxidant activity of commercial aqueous smoke flavorings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 56: p. 2727-2734. 2008.

SONG, H.P. KIM, B. CHOE, J.H. JUNG, S. MOON S.Y. E CHOE, W. Evaluation of atmospheric pressure plasma to improve the safety of sliced cheese and ham inoculated by 3-strain cocktail *Listeria monocytogenes*, **Food Microbiology**, 26: p. 432–436. 2009.

SPOLAORE, P.; JOANNIS-CASSAN, C.; DURAN, E.; ISAMBERT, A. Commercial application of microalgae. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, 101: p. 87–96. 2006.

STANSBY, M. E. Flavors and odors of fish oils. **Journal of American Chemistry Society**, 48, p. 820–823. 1971.

TERRA, N. N. FRIES, L. L. M. A qualidade da carne suína e sua industrialização. In: Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína. Concórdia, SC. **Anais**. Embrapa Suínos e Aves, p. 147-151. 2000.

TEYE G.A., WOOD J.D., WHITTINGTON F.M., STEWART A., SHEARD P.R. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. **Meat Science**, v. 73, p. 157–165. 2006.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 493-508, 2005

THEVENOT, D., A. DERNBURG, AND C. VERNZOY-ROZAND.. An updated review of *Listeria monocytogenes* in the pork meat industry and its products. **Journal of Applied Microbiology**. 101: p. 7-17. 2006.

TOMPKIN , R. B. Nitrite. In P. M. DAVIDSON , J. N. SOFOS , & A. L. BRANEN. **Antimicrobials in food**. 3rd ed. Raton, FL : CRC Press. p. 169–236. 2005.

STROMILLI, V. G. Sal e Hipertensión Arterial. **Rev Chil Cardiol**, Santiago, v. 28, n. 1,pp. 107-114, abr. 2009.

VALENTÃO, P., E. FERNANDES, F. CARVALHO, P. B. ANDRADE, R. M. SEABRA, AND M. L. BASTOS. Antioxidative properties of cardoon (*Cynara cardunculus* L.) infusion against superoxide radical, hydroxyl radical, and hypochlorous acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50:p. 4989–4993. 2002

YI, Y. H. CHEN, T. C. Prediction of lean to fat tissue ratio of pork belly by specific gravity. **Journal of Food Engineering**, 58. p. 295–297. 2003.

YUNA, H. KIMA, B. JUNGA, S. KRUKA, Z. A. KIMC, D. B. CHOEC, W. E JOA, C. Inactivation of *Listeria monocytogenes* inoculated on disposable plastic tray, aluminum foil, and paper cup by atmospheric pressure plasma. **Food Control**, 21: p. 1182-1186. 2010.

YURCHENKO S., MOLDER U. The occurrence of volatile N-nitrosamines in Estonian meat products. **Food Chemistry**, 100, p. 1713–1721. 2007.

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

ZHANG,W. HIMALI, S. S. LEE, J. L.. AHN, D. Improving functional value of meat products. **Meat Science**, 86: p. 15-31. 2010.

WEISS, J. GIBISA, M. SCHUHA, V. SALMINENA, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products **Meat Science**, 86: p. 196-213. 2010.