

APLICAÇÃO DE BARREIRAS TECNOLÓGICAS NO DESENVOLVIMENTO DE SALSICHA ISENTA DE NITRATO E NITRITO – Revisão

(Application of hurdle technologies in development of sausage free of nitrate and nitrite – Review)

Tallita Karolline Nunes¹ e Laura Beatriz Karam².

Programa de Mestrado em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, Curitiba, PR, Brasil.

RESUMO – Na conservação de salsicha, os principais agentes químicos utilizados são os nitratos e nitritos. A utilização desses aditivos em embutidos cárneos tem como principal função impedir o desenvolvimento de *Clostridium botulinum*, micro-organismo com grande potencial patogênico. Além da função tecnológica de conservação, esses agentes conservadores também são responsáveis pelo desenvolvimento da cor rósea, sabor e textura dos produtos cárneos curados. Entretanto, a aplicação desses conservantes químicos em alimentos preocupa a saúde pública, porque o nitrito, quando ingerido em excesso, pode dar origem a substâncias consideradas carcinogênicas. O objetivo desse artigo de revisão é apresentar o conceito e a importância da utilização das barreiras tecnológicas na conservação dos alimentos e mostrar a aplicação dessas barreiras na conservação de salsicha, derivado cárneo de grande consumo mundial. A redução da atividade de água em salsicha para valores inferiores a 0,95 é uma importante barreira tecnológica, pois quanto aplicada não há necessidade de usar o nitrito como agente conservante. O cozimento durante o processo de produção da salsicha é a barreira tecnológica tratamento térmico e a aplicação das barreiras tecnológicas refrigeração e embalagem a vácuo, durante a estocagem, aumentam a vida de prateleira do produto. Então, quando utilizadas na produção de salsicha, as barreiras tecnológicas, combinação eficaz de diversos métodos de conservação, são essenciais para garantir tratamentos de conservação mais brandos e reduzir ou até suprimir a necessidade da aplicação dos conservantes químicos nitrato e nitrito.

Palavras-chave: método de conservação de carnes e derivados cárneos. Conservantes químicos. Micro-organismos em carne e derivados. Toxicidade do nitrito e nitrato.

ABSTRACT - In the conservation of sausages, the main chemical additives used are nitrates and nitrites. When used in meat emulsion system, these additives have the

¹ Engenheira de Alimentos pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba/PR, Brasil. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba/PR, Brasil.

² Engenheira de Alimentos pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba/PR, Brasil. Mestre em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina/PR, Brasil. Doutora em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina/PR, Brasil. Orientadora no Programa de Mestrado em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba/PR, Brasil.

main function of providing requisite protection against *Clostridium botulinum*, a microorganism that is special because its big pathogenic potential. In addition, these chemical agents are responsible for producing the characteristic pink color, flavor and texture in cooked-cured meat products. However, the public health very concerned about the use of these chemical preservatives in foods, because, when consumed in excess, the nitrite may produce carcinogen substances. The present review introduces the concept and the importance of hurdle technology in food conservation and it shows these hurdles in the stability, safety and quality of sausage, that has a high worldwide consumption. The reduction of the water activity to values below 0.95 is an important hurdle technology, after all, the effects of nitrite like preservatives aren't necessary when this hurdle is applying. In the process of production, the cooking of sausage is the hurdle of heating. Application of refrigeration and of vacuum packing like hurdle technologies increase shelf life of the sausage during storage. Then, the hurdle technologies are an effective combination of a lot of methods of preservation for foods and they are essential to obtain soft methods of preservation and reduce or eliminate the use of nitrite and nitrate like chemical preservatives in cooked-cured meat products.

Keywords: Methods of conservation in meat and meat products. Chemical preservatives. Microorganisms present in meat and meat products. Toxicity of nitrite and nitrate.

1 INTRODUÇÃO

O estudo Projeções do Agronegócio - Brasil 2017/18 a 2027/28 estima que a produção brasileira de carne suína, de frango e bovina será de 34 milhões de toneladas em 2028, representando o acréscimo de 7 milhões de toneladas sobre o ano de 2018 (MAPA, 2018). Em 2009, o consumo brasileiro anual de carne (suína, frango e bovina) foi de aproximadamente 14 quilos por habitante (KALSCHNE et al., 2010). Desse total, somente três quilos equivalem à carne fresca, o restante é consumido na forma de embutidos, como salsichas (OLIVEIRA, 2008). Esse baixo consumo de carne *in natura* no mercado brasileiro é justificado pela aproximação dos produtos embutidos às necessidades dos consumidores, que preferem alimentos de preparo rápido (THOMAS et al., 2008), e em parte por desinteresse das agroindústrias (GIROTTO, 2005), onde agregar valor com a industrialização é a expressão de ordem (SARMENTO, 2006).

No desenvolvimento de produtos e processos, as indústrias alimentícias têm como objetivo principal a segurança de alimentos, eliminando todos os riscos à saúde do consumidor (SARMENTO, 2006). Por isto, os aditivos químicos são importantes nas formulações e, em alguns produtos, estes são essenciais para desenvolver sabor, cor e textura dos alimentos (JENSEN, HANSEN, 2005).

A composição diversificada da carne proporciona condições ideais para o desenvolvimento dos micro-organismos (ZHOU et al., 2010). Portanto, na produção de salsicha, que possui boa aceitação popular (THOMAS et al. 2008) e está presente em diferentes culturas (MERCADANTE et al., 2010), o nitrito de sódio ou potássio e nitrato de sódio ou potássio são os principais aditivos utilizados como conservantes (JAFARI, DJOMEH, 2007; THOMAS et al., 2008). No processo de conservação de derivados cárneos, o nitrito apresenta o efeito conservante contra micro-organismos, especialmente o *Clostridium botulinum*. Logo o nitrato atua como reserva de nitrito, porque o primeiro é reduzido durante o período de *shelf-life* do produto (SARMENTO, 2006; AMIN, OLIVEIRA, 2006; JAFARI, DJOMEH, 2007; RAYMUNDO, 2007; SANTOS, 2008; RIGA, RUIZ, 2010).

Parrilli (2008) e Caranova (2008) destacam que entre os micro-organismos patogênicos de importância nos derivados cárneos está o *Clostridium botulinum*, que durante a intensa proliferação, é capaz de produzir uma toxina que pode provocar a morte por parada respiratória. Entretanto, a inibição que ocorre sobre os micro-organismos patogênicos em produtos curados não pode ser explicada somente pela atuação do nitrito, afinal, o controle do crescimento do *Clostridium* sp. pode ser obtido por muitas combinações diferentes de pH, atividade de água, cloreto de sódio e nitrito de sódio ou potássio, aplicados em diferentes processos e condições de estocagem (AMIN, OLIVEIRA, 2006).

Apesar das importantes funções tecnológicas do nitrato e nitrito na salsicha, o nitrito ingerido em excesso pode dar origem a substâncias consideradas carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas (MELO FILHO et al., 2004; DUTRA, 2006; RIGA, RUIZ, 2010). Por conta da preocupação das indústrias em oferecer produtos de qualidade, que garantam competitividade no mercado de carnes curadas, é de grande importância manter o controle sobre a quantidade dos nitratos e nitritos presentes nos alimentos (RIGA, RUIZ, 2010). Além disso, a conservação de um alimento não está baseada apenas na adição de conservantes químicos, como nitrito/nitrato. É necessário aplicar as barreiras tecnológicas que são

considerados tratamentos de conservação mais brandos que asseguram estabilidade, segurança e produtos com melhores propriedades sensoriais e nutricionais, com teor reduzido de conservantes químicos (SANTOS, 2008).

Esse artigo de revisão fornece dados sobre a indústria de carnes; destaca os principais métodos de conservação utilizados em produtos cárneos e derivados; determina os principais micro-organismos que impactam na conservação de salsichas e apresenta as funções de conservação, aspectos toxicológicos e legislação brasileira na utilização de nitrito e nitrato como agentes conservadores em produtos curados. O objetivo dessa revisão é apresentar o conceito e a importância da utilização das barreiras tecnológicas na conservação dos alimentos e mostrar a aplicação dessas barreiras na conservação do derivado cárneo salsicha.

2 REVISÃO

2.1 INDÚSTRIA DA CARNE

Na década de 90, o setor brasileiro de carnes tornou-se mais profissionalizado, adotou modernas técnicas de produção e redobrou os cuidados com a saúde dos animais. Esse empenho ajudou o Brasil a se colocar entre os principais fornecedores mundiais de proteína animal no início dos anos 2000 (VALOR ECONÔMICO, 2009). No Brasil, de 2002 a 2009, a produção de carne suína e de frango tiveram crescimento de 2,0% e 7,3% ao ano, respectivamente. Para o período de 2007 e 2017, o crescimento da produção brasileira de carne suína e de frango foi de aproximadamente 25% e 26%, respectivamente. Essa dinâmica está relacionada à evolução das exportações e ao aumento do consumo interno *per capita* (CONTINI et al., 2010; ABIPECS, 2018).

Kalschne et al. (2010) comentam que a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína – ABIPECS estimou o consumo de carne, no Brasil, em aproximadamente 14 quilos de carne por habitante durante um ano e o aumento da produção de industrializados de carne foi um dos principais fatores pelo maior consumo de carne nos últimos anos. Segundo Oliveira (2008), a Associação Brasileira dos Criadores de Suínos – ABCS avalia que desse total de carne

consumida por habitante apenas três quilos equivalem à carne fresca e o restante é consumido na forma de embutidos como presuntos, linguiças e salsichas.

O Brasil, que atualmente é o maior exportador de carne do mundo, destinou ao mercado externo mais de 755 mil toneladas de carne entre janeiro e julho de 2010. Comparado com o mesmo período de 2009, houve um pequeno aumento de 4% em volume, mas o forte incremento de 24% foi em valor, somando quase US\$ 3 bilhões, sendo que 60% do volume estão concentrados em três mercados: Rússia, Irã e Egito (SILVEIRA, 2010).

O maior concorrente da carne bovina, a carne de frango avançou no processo de integração e coordenação da cadeia agroindustrial e conseguiu colocar no mercado uma gama de produtos com preços extremamente competitivos. Um movimento semelhante pode ser observado na cadeia de carne suína que se encontra mais integrada, elevando a produtividade e reduzindo custos ao longo de todos os elos da cadeia. Vale destacar os esforços de diferenciação de produtos que os sistemas agroindustriais de frangos e suínos têm empreendido nos últimos anos. O resultado desses esforços pode ser medido pelo número de lançamento de novos produtos por esses dois setores e o objetivo desses lançamentos tem sido o de aproximar os produtos comercializados às necessidades dos consumidores atuais (alimentos congelados, pratos pré-preparados, etc.) (SARMENTO, 2006).

A grande demanda pelos produtos cárneos industrializados reduz a oferta de carne *in natura* no mercado brasileiro (GIROTTTO, 2005) e é explicada devido à urbanização e a mudança de estilos de vida dos consumidores (THOMAS et al., 2008). Segundo Sarmento (2006), agregar valor é a expressão de ordem para a agroindústria da carne, que obtêm maior retorno do capital empregado com a venda de produtos com algum grau de industrialização (GIROTTTO, 2005).

2.2 PRODUTOS CÁRNEOS INDUSTRIALIZADOS

Em um mercado cada vez mais competitivo e com o aumento da exigência dos consumidores por qualidade, o melhoramento contínuo dos produtos torna-se imperativo para a sobrevivência das empresas no setor. A produção de embutidos apresenta-se como uma das soluções para atender à demanda por qualidade (SARMENTO, 2006). O preço acessível de algumas marcas, a praticidade do

preparo e o valor proteico desses produtos, especialmente da salsicha, contribuem para a redução do *déficit* nutricional, principalmente da população de menor renda. Todavia, convém considerar os principais diferenciadores entre os fabricantes: a qualidade, o preço e a apresentação do produto (MELO FILHO et al., 2004). No Brasil segundo a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIPECS, 2011) foram destinados entre 2011-2012 aproximadamente 20% da carne suína de consumo interno para produtos de salsicharia.

Todo produto feito com carnes picadas ou moídas, acondicionadas em invólucro é chamado de embutido. Esse tipo de produto apareceu no Brasil graças às receitas tradicionais trazidas por famílias imigrantes alemães e italianas, embora tenha sofrido adaptações às condições climáticas e ao paladar local. Com a modernização e diversificação da produção nos frigoríficos, houve um aumento no volume de carne embutida, transformando-se em importante fonte de proteína animal (SARMENTO, 2006).

Os embutidos cárneos podem ser classificados em dois tipos, crus e cozidos. Os crus são aqueles embutidos que não sofrem tratamento térmico como método de conservação, mas, geralmente, sofrem um tratamento por agentes de cura (cloreto de sódio, nitrato e nitrito) ou fermentativo (por bactérias ácido lácticas). Exemplos de embutidos crus são a linguiça frescal e o salaminho. Já os cozidos sofrem um tratamento térmico como processo de conservação, sendo o caso das salsichas, mortadelas e presuntos (SANTOS, 2008). As diferentes matérias primas cárneas, condimentos e aditivos constituem os embutidos cozidos, agregando valor às porções de carne que não são comercializadas *in natura* e aumentando as opções de escolha dos consumidores (CESAR, 2008).

A salsicha, que possui boa aceitação popular (THOMAS et al., 2008) e está presente em diferentes culturas (MERCADANTE et al., 2010) é classificada, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2000) como um produto cárneo industrializado, obtido da emulsão de carne de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionados de ingredientes, embutido em envoltório natural, ou artificial ou por processo de extrusão, e submetido a um processo térmico adequado. O Ministério da Saúde, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, também qualifica a salsicha dentro de três subcategorias que fazem parte da grande Categoria 8 - Carnes e Produtos Cárneos. As subcategorias são produto cárneo industrializado cozido embutido ou não,

produto salgado cozido ou conservas e semiconservas cárneas de origem animal (BRASIL, 1998). Conforme dado publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) foi registrado em 2006 à produção de aproximadamente 350 mil toneladas de salsicha sob controle do Serviço de Inspeção Federal - SIF, sendo 94% da produção destinada ao mercado nacional (CESAR, 2008).

Entretanto, em contraponto a essa tendência de mercado, Jafari e Djomeh (2007) destacam que os consumidores do século XXI exigem cada vez mais alimentos minimamente processados, que retêm o sabor natural, cor, textura, características nutricionais, e contenham menos aditivos químicos.

2.3 PRINCIPAIS MICRO-ORGANISMOS EM CARNE E DERIVADOS

Devido à composição diversificada dos nutrientes, a carne torna-se um produto com condições ideais para o desenvolvimento de micro-organismos deteriorantes e patogênicos (ZHOU et al., 2010). O crescimento microbiano pode ser determinado por vários fatores, tais como espécie e saúde do animal vivo, manejo antes e no abate, resfriamento da carcaça, condições sanitárias de manipulação, tipo de embalagem e condições de distribuição e estocagem (SANTOS, 2008).

As doenças transmitidas por alimentos (DTAs) são causadas por agentes biológicos, químicos ou físicos, os quais penetram no organismo humano pela ingestão de água ou alimentos contaminados. O perfil epidemiológico das doenças transmitidas por alimentos no Brasil ainda é pouco conhecido, somente alguns estados e/ou municípios dispõem de estatísticas e levantamentos reais sobre os agentes etiológicos mais comuns, alimentos mais frequentemente envolvidos e fatores contribuintes. Além disso, doenças transmitidas por alimentos nem sempre são oficialmente notificadas (AMSON et al., 2006).

No Brasil, segundo dados do Ministério da Saúde, foram registrados, entre 1999 a 2008, 6.062 surtos de DTAs, com mediana de 7 pessoas por surto, totalizando 117.330 pessoas doentes e 64 óbitos. O Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná e Santa Catarina notificaram 83% dos surtos e foram os estados que apresentaram maior registro de casos, o que pode estar relacionado com o melhor funcionamento do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica das Doenças Transmitidas por Alimentos – (VE-DTA). Dentre os agentes etiológicos mais

frequentes a *Salmonella* spp. foi responsável por 1.275 surtos (42%), seguida pelo *S. aureus*, responsável por 600 surtos (20%). O *B. cereus* foi o terceiro principal agente, sendo responsável por 205 surtos (7%). Do total de 3.984 surtos investigados, 23% tiveram como principal alimento envolvido preparações a base de ovos crus e/ou mal cozidos, 17% ocorreram devido ao consumo de alimentos mistos, 12% devido ao consumo de carnes vermelhas, 11% por sobremesas, 9% água, 7% leite e derivados e em 21% dos casos não foi possível identificar o alimento envolvido (BRASIL, 2008).

Greig e Ravel (2009) estudaram as DTAs ocorridas em alguns países como EUA, Canadá, União Européia (UE), Austrália e Nova Zelândia. Eles analisaram relatórios publicados de surtos identificados no período entre 1988 e 2007, de fontes governamentais e artigos científicos. No total dos relatórios, foram registrados 4.093 surtos, destes, 70% foram causados por *Salmonella* sp., *Norovirus* e *E. coli*. Os autores verificaram que alimentos com vários ingredientes, como por exemplo, ovos, carne e outros foram os mais envolvidos em DTA.

2.3.1 Micro-organismos que comprometem a conservação de salsicha

Algumas bactérias podem ser potencialmente patogênicas em derivados cárneos, entre as quais se destacam: *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter jejuni* e *Campylobacter coli*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica* e *Listeria monocytogenes* (BERNARDO, 2006). A Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001), que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, informa que precisam ser controlados em produtos cárneos, como salsicha, os micro-organismos do grupo Coliformes a 45 °C, Clostrídios sulfitos redutores a 46 °C, Estafilococos coagulase positiva e *Salmonella* sp.

Outros dois grupos de micro-organismos importantes para investigação e controle em salsicha são os psicrotróficos e psicrófilos. O primeiro tem a capacidade de se desenvolver entre -2° e 25°C e o segundo grupo multiplica-se entre -8°C e 25°C (CARANOVA, 2008). Esses gêneros de bactérias não constituem um grupo que indica risco de intoxicação alimentar, mas reflete a qualidade do produto durante a estocagem (AUGUSTO, 2011). Caranova (2008) comenta que Warriss, em 2003,

afirmou que os primeiros sinais da decomposição das carnes surgem quando a microbiota atinge teores de ordem dos $10^{7,5}$ UFC/cm² e traduz-se pelo aparecimento de um mau odor causado por bactérias aeróbias psicrotróficas.

A Tabela 1 apresenta as condições de temperatura, pH, atividade de água e oxigênio que são consideradas limite ou ótimas para o desenvolvimento dos micro-organismos controlados pela RDC nº 12 da ANVISA (BRASIL, 2001) e se esses micro-organismos são esporulados.

Tabela 1. Condições limite ou ótimas para o desenvolvimento e formação de esporo para os micro-organismos que comprometem a conservação de salsicha.

Micro-organismo	Temperatura (°C)			Esporulado	pH			Aa		Anaeróbio	
	Mín.	Ótima	Máx.		Mín.	Ótima	Máx.	Mín.	facult.	estrito	
<i>Clostridium botulinum A e B</i>	10	37	50	sim	4,8	7,0	9,0	0,95	não	sim	
<i>Clostridium botulinum E</i>	3	30	45	sim	5,0	7,0	8,5	0,97	não	sim	
<i>Clostridium perfringens</i>	15	46	50	sim	5,0	7,0	8,9	0,96	não	sim	
<i>Salmonella sp.</i>	6	43	46	não	3,8	7,0	9,0	0,95	sim	não	
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	37	48	não	4,3	7,0	9,0	0,91	sim	não	
<i>Staphylococcus aureus</i> sem produção de enterotoxina	7	37	48	não	4,3	7,0	9,0	0,83	não	não	
Coliformes - <i>E. Coli</i>	25	*	50	não	4,4	*	8,7	0,94	sim	não	
Psicrófilos	0	10	20	*	*	*	*	*	*	*	
Psicrotróficos	0	*	7	*	*	*	*	*	*	*	

Aa: Atividade de água; Mín: mínimo; Máx: máximo; Facul. : facultativo

*: sem referência

Fonte: CARANOVA, 2008; SILVA et al., 1997; SILVA JÚNIOR, 1995

Em derivados cárneos como salsicha são utilizadas embalagens a vácuo para aumentar a vida de prateleira do produto e a preocupação com o desenvolvimento do *Clostridium botulinum* é maior, porque, esse micro-organismo é reconhecidamente anaeróbio (SANTOS, 2008). Parrilli (2008) e Caranova (2008) também destacam que entre os micro-organismos patogênicos de importância nos derivados cárneos está o *Clostridium botulinum*, que durante a intensa proliferação, é capaz de produzir toxinas que são causadoras de intoxicações no homem e podem chegar a serem letais. Existem sete tipos de *Clostridium botulinum* (de A até G) distinguidos entre si pelas características da neurotoxina que produzem, porém apenas os tipos A, B, E, e, raramente o F, produzem toxina que causam doenças em humanos.

O botulismo de origem alimentar tem um período de incubação que, em geral, varia de 12 a 36 horas, dependendo da quantidade de toxina ingerida. A neurotoxina botulínica provoca fadiga, fraqueza muscular, paralisia facial bilateral, redução dos movimentos da língua, dificuldade para sustentar o pescoço e a musculatura que controla a respiração é progressivamente paralisada, podendo provocar a morte em três a cinco dias por parada respiratória (PARRILLI, 2008). E, apesar da dose letal da toxina botulínica para o ser humano não ser conhecida, estima-se, através dos resultados encontrados em primatas, que uma dose letal da toxina tipo A em um homem de 70 kg é igual a 0,09-0,15 µg por via intravenosa ou intramuscular, de 0,70-0,90 µg por inalação, ou ainda de 70 µg por via oral (STEPHEN, 2001).

2.4 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DA CARNE E DERIVADOS CÁRNEOS

Embora a deterioração da carne possa ocorrer na ausência de micro-organismos devido à ação de enzimas que causam proteólise, lipólise e oxidação, Zhou et al. (2010) destacam que o crescimento microbiano é de longe o fator mais importante em relação à qualidade de conservação de carnes. Afinal, a principal preocupação na produção dos alimentos está relacionada ao controle do desenvolvimento microbiano, visando eliminar riscos à saúde do consumidor, prevenindo ou retardando o aparecimento de alterações indesejáveis nos alimentos (SARMENTO, 2006).

Na indústria de carne, grande parte da contaminação é introduzida por meio dos animais de abate e o controle de patógenos precisa começar no campo via programas sanitários, porém somente a fiscalização nos animais não é suficiente (GONÇALVES, 2010), é essencial que tecnologias de preservação adequadas sejam aplicadas para manter a segurança e qualidade dos produtos (AYMERICH et al., 2008).

O controle microbiológico por processos químicos tem restrições em termos de resíduos e poluição ambiental, porque, atualmente, os resíduos químicos fazem parte da lista de preocupações dos consumidores e das questões de segurança alimentar (GONÇALVES, 2010). Para reduzir a aplicação de processos químicos na conservação de alimentos, Zhou et al. (2010) comentam que existem uma série de fatores, como o aumento da temperatura, o teor de oxigênio atmosférico, as enzimas

endógenas, o teor de umidade e a luz que podem ser adotados para o controle do desenvolvimento de micro-organismos.

A maioria das novas tecnologias de conservação, que são consideradas promissoras em nível industrial, são processos não térmicos, tais como novos sistemas de embalagem com atmosfera modificada e/ou de embalagens ativas, alta pressão hidrostática e utilização de compostos antimicrobianos naturais. Todas estas alternativas tecnológicas têm como objetivo minimizar o impacto no meio ambiente, economizar energia e, principalmente, garantir a aparência natural dos produtos ao eliminar os micro-organismos patogênicos e deteriorantes (AYMERICH et al., 2008; ZHOU et al., 2010).

Entretanto, Jensen e Hansen (2005) afirmam que os aditivos químicos são importantes para a indústria, porque, além de utilizados para conservar são aplicados aos alimentos para desenvolver sabor, cor, textura ou para tornar os alimentos mais nutritivos. O número de compostos químicos utilizados como conservadores é relativamente pequeno e suas quantidades adicionadas nos alimentos são regulamentadas através de uma legislação específica em cada país (SARMENTO, 2006). Raymundo (2007) também destaca que os principais aditivos utilizados na conservação de derivados cárneos, como salsicha, juntamente com o cloreto de sódio são os nitratos e nitritos, também denominados como sais de cura.

2.5 APLICAÇÃO DE NITRITO E NITRATO EM PRODUTOS CÁRNEOS CURADOS COMO SALSICHA

Nitratos (NO_3^-) e nitritos (NO_2^-) estão presentes nos alimentos de origem vegetal e na água principalmente como consequência da aplicação de fertilizantes na agricultura e para os produtos de origem animal são contaminantes ou adicionados de forma intencional (RAYMUNDO, 2007).

No Brasil, os limites máximos de uso e a atribuição de suas funções em produtos cárneos estão determinados pelo Ministério da Saúde pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, por meio da Portaria nº 1.004 de 11/12/1998 (BRASIL, 1998) e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA pela Instrução Normativa nº 51 de 29/12/2006 (BRASIL, 2006). Tanto para a ANVISA quanto para o MAPA, nitrito de sódio ou potássio e

nitrato de sódio ou potássio são os principais aditivos utilizados para a produção de salsicha (JAFARI, DJOMEH, 2007; THOMAS et al., 2008). Segunda a ANVISA e o MAPA, os limites máximos permitidos desses aditivos em alimentos são determinados pela quantidade residual máxima expressa como nitrito de sódio, representados em g/100g. A Tabela 2 apresenta as concentrações máximas admitidas de nitrito e nitrato pela ANVISA (BRASIL, 1998) e pelo MAPA (BRASIL, 2006).

Tabela 2. Concentrações máximas, permitidas pela legislação brasileira, para a ação conservante do nitrito e nitrato em produtos cárneos.

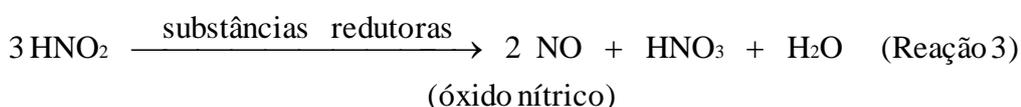
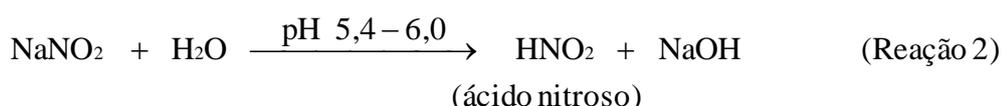
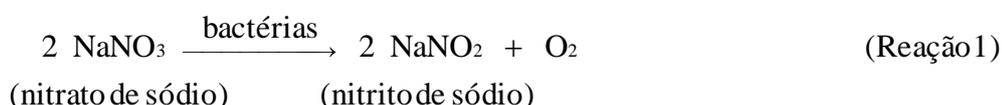
Nome do aditivo	Concentração* máxima (g/100g)
Nitrito de potássio	0,015
Nitrito de sódio	0,015
Nitrato de sódio	0,030
Nitrato de potássio	0,030

* Quantidade residual máxima expressa como nitrito de sódio

Fonte: ANVISA, Portaria nº 1.004 de 11 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998) e MAPA, Instrução Normativa nº 51 de 29 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006).

Honikel (2008) relata que Polenski em 1981 demonstrou que o nitrato atua como reservatório de nitrito na cura dos produtos cárneos, pois, é reduzido a nitrito por ação de enzimas produzidas por bactérias (*Micrococcus*), cuja proliferação ocorre pelo manuseio e processamento inadequado dos alimentos (MELO FILHO et al., 2004; RAYMUNDO, 2007).

As três reações químicas abaixo (Reação 1, 2 e 3) apresentam a redução do nitrato de sódio a nitrito de sódio, a formação do ácido nitroso em meio aquoso com pH 5,4 – 6,0 e a formação de óxido nítrico.



Fonte: ROÇA, 2005

Conforme descrevem Honikel (2008) e Raymundo (2007), nitritos e nitratos são adicionados em produtos cárneos, como salsicha, de forma intencional. Essa prática é comumente conhecida como etapa de cura, que originalmente determinava a salga da carne como um processo que corrigia e tratava o produto para prolongar sua vida útil.

O nitrito é um ingrediente-chave da cura e é adicionado aos produtos cárneos, principalmente, para fornecer o efeito conservante contra micro-organismos, especialmente o *Clostridium botulinum*. Vários autores concordam que o nitrito de sódio tem a capacidade de inibir o crescimento e a produção de toxina das várias espécies de *Clostridium botulinum*, pela inibição do crescimento da célula vegetativa, durante o armazenamento, e prevenção da germinação dos esporos que sobreviveram ao processamento térmico (SARMENTO, 2006; AMIN, OLIVEIRA, 2006; JAFARI, DJOMEH, 2007; RAYMUNDO, 2007; SANTOS, 2008; RIGA, RUIZ, 2010).

Amin e Oliveira (2006) comentam que a ação conservadora do nitrito é devida a sua combinação com as enzimas respiratórias das bactérias anaeróbicas, inativando-as e reafirmaram que o nitrito inibiu a presença de Clostrídios ao interferir com enzimas que apresentaram ferro e enxofre em sua estrutura, impedindo desse modo a síntese de ATP a partir do piruvato.

Amin e Oliveira (2006) relataram que Linder, Fehlhaber e Jantschke em 1995 admitiram que concentrações superiores a 200 ppm de nitrito de sódio exerceram ação bacteriostática, especialmente sobre os anaeróbios. Porém, esses autores confirmaram o efeito inibitório sobre o *Clostridium perfringens* tipo A em concentração abaixo de 200 ppm de nitrito de sódio em linguiças bovinas curadas. Entretanto, ainda para esses autores, a inibição que ocorre sobre os micro-organismos patogênicos em produtos curados não pode ser explicada somente pela atuação do nitrito, afinal o controle do crescimento do *Clostridium* sp. pode ser obtido por muitas combinações diferentes de pH, atividade de água, sal e nitrito, aplicados em diferentes processos e condições de estocagem. A adição entre 50 e 150 miligramas de nitrito por quilograma de produto é suficiente para inibir o desenvolvimento de *Clostridium botulinum* em produtos que contém baixo teor de sal e validade prolongada (RAYMUNDO, 2007).

Os sais de cura (nitrito/nitrato), além de inibirem alguns micro-organismos patogênicos, preservam a cor rosa-cozido dos produtos embutidos, impedem a

formação de sabor de requentado e contribui para o sabor típico associado com carnes curadas, que são características que indicam a qualidade dos produtos curados (JAFARI; DJOMEH, 2007; RIGA, RUIZ, 2010). Raymundo (2007) descreve que em 1940 Brooks mostrou pela primeira vez a existência que o sabor característico dos produtos salgados está associado ao nitrito.

A Figura 1 apresenta o esquema de reações para o desenvolvimento de cor rósea, característica dos produtos cárneos que são curados e cozidos (ROÇA, 2005). Segundo Zanardi et al. (2002), o óxido nítrico (NO), que é derivado do ácido nitroso, reage com a mioglobina, principal pigmento da carne responsável pela coloração vermelho púrpura, formando o nitrosomioglobina, pigmento que produz uma cor mais avermelhada. Quando o produto cárneo curado é aquecido ocorre a desnaturação da parte proteica da mioglobina no pigmento nitrosomioglobina resultando na formação de um composto denominado de nitrosohemocromo. O nitrosohemocromo é o pigmento final, róseo, característico dos produtos curados como salsicha. Esse pigmento, apesar de termoestável, é susceptível às reações de oxidação, que resultam na formação de porfirinas verdes, amarelas ou sem cor (MATHIAS, 2008).

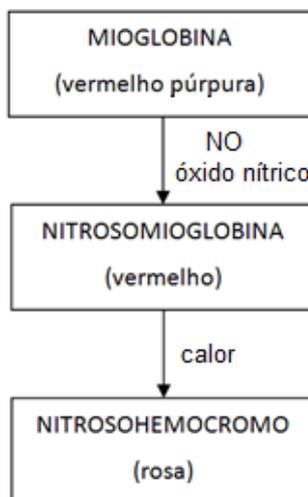


Figura 1. Reações químicas da mioglobina durante o processo de cura de derivados cárneos com utilização de nitrito.

2.6 TOXICIDADE DO NITRITO E NITRATO

A adição de nitrito e nitrato em alimentos é oficialmente regulamentada no Brasil (BRASIL, 1998; BRASIL, 2006) e na maioria dos países. Porém, apesar da

importante função tecnológica do nitrato e nitrito na salsicha, existe a preocupação decorrente da presença desses sais de cura nos alimentos, principalmente por causa dos efeitos tóxicos produzidos pelo excesso de nitratos e nitritos na dieta (MELO FILHO et al., 2004). Estudos mostram que a adição de apenas 50 ppm de nitrito é suficiente para desenvolver os atributos cor e sabor e reduzir a oxidação lipídica, mas são necessárias quantidades maiores de nitrito para garantir a estabilidade microbiológica dos produtos cárneos (JAFARI; DJOMEH, 2007).

MELO FILHO et al. (2004) investigaram os níveis de nitrito e nitrato em salsichas comercializadas na região metropolitana do Recife, região nordeste do Brasil. Os resultados indicaram que os teores encontrados em salsichas representaram um risco potencial à saúde do consumidor devido ao não cumprimento da legislação vigente do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998) e do MAPA (BRASIL, 2006).

As condições ácidas do estômago também promovem a redução do nitrato a nitrito (MELO FILHO et al., 2004; DUTRA, 2006). O nitrito ingerido em excesso pode agir sobre a hemoglobina e originar a metahemoglobinemia, impedindo que ela exerça a função normal de transportar oxigênio (RAYMUNDO, 2007). A reação do íon nitrito com aminas e amidas presentes no meio pode dar origem às nitrosaminas e nitrosamidas (DUTRA, 2006), substâncias consideradas carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas (MELO FILHO et al., 2004; DUTRA, 2006; RIGA, RUIZ, 2010). Alguns relatos também mostraram preocupações de saúde relacionadas com a associação positiva entre os tumores cerebrais, leucemia na infância e consumo de alguns tipos de produtos curados, tais como: bacon, presunto e cachorros-quentes (JAFARI; DJOMEH, 2007). Por isso, as N-nitrosaminas, compostos orgânicos conhecidos desde longa data, tornaram-se objeto de intensivos estudos toxicológicos a partir de 1956, quando Magee e Barnes relataram pela primeira vez a indução de tumores no fígado de ratos alimentados com ração contaminada com N-nitrosodimetilamina (NDMA). Desde então, muitas pesquisas têm sido realizadas com animais experimentais objetivando avaliar os efeitos toxicológicos causados por N-nitrosaminas, sendo que, a maioria destes compostos mostrou-se carcinogênico em todas as espécies testadas (DUTRA, 2006).

Por conta da preocupação das indústrias em oferecer produtos de qualidade que garantam competitividade no mercado de carnes curadas, bem como segurança e satisfação ao consumidor, é de grande importância manter o controle sobre a

quantidade dos nitratos e nitritos presentes no alimento após a etapa final de cura (RIGA, RUIZ, 2010). Entretanto, Leistner (1995) e Santos (2008) destacam que a conservação de um alimento não está baseada apenas na adição de conservantes químicos, como nitrito/nitrato, é necessário aplicar os métodos combinados, que apesar de tratamento brando, asseguram estabilidade, segurança e produtos com melhores propriedades sensoriais e nutricionais, como reduzir os teores de conservantes químicos.

2.7 BARREIRAS TECNOLÓGICAS - TEORIA DOS OBSTÁCULOS

Segundo Leistner e Gould (2002) o estudo das interações entre os vários fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam a capacidade de sobrevivência e de multiplicação dos micro-organismos nos alimentos deu origem à Teoria dos Obstáculos de Leistner (*Hurdle Theory*). As vantagens da utilização da Teoria dos Obstáculos, também conhecida como barreira tecnológica, são a economia de energia, a redução da quantidade de aditivos químicos empregados e menores perdas de alimentos (LEISTNER, GORRIS, 1995; LEISTNER, GOULD, 2002; THOMAS et al., 2008).

A estabilidade microbiológica e a segurança da maioria dos alimentos são obtidas devido à ação combinada de vários fatores de conservação onde o objetivo é, principalmente, evitar a contaminação microbiológica, bem como a economia de energia e dinheiro e, também reduzir os impactos ambientais nas indústrias de alimentos (THOMAS et al., 2008) onde o objetivo principal é evitar a contaminação microbiológica e principalmente a intoxicação alimentar.

Leistner e Gorris (1995) determinaram que cada alimento seguro e estável necessita certo tipo de obstáculo (físico, físico-químico, microbiológico e variados) que diferem em qualidade e intensidade de acordo com cada produto em particular, de modo a manter a população natural de micro-organismos sob controle. Os autores também classificam e exemplificam alguns obstáculos como.

- Obstáculos físicos: alta temperatura (esterilização e pasteurização), baixa temperatura (resfriamento e congelamento), radiação ionizante e altas pressões.
- Obstáculos físico-químicos: baixa atividade de água, baixo pH, baixo potencial redox, sais, nitritos e nitratos.

- Obstáculos microbiológicos: microbiota competitiva e antibióticos.
- Obstáculos variados: ácidos graxos livres e cloro.

Na Figura 2, Leistner e Gorris (1995) ilustram três modelos da aplicação da Teoria dos Obstáculos no controle dos micro-organismos. O exemplo 'a' simula um caso teórico em que as seis barreiras no controle dos micro-organismos têm a mesma intensidade: alta temperatura durante o processamento (F), baixa temperatura durante a estocagem (t), baixa atividade de água (Aa), acidez (pH), baixo potencial redox (Eh) e conservantes (pres.). Ainda no exemplo 'a', o produto torna-se estável e seguro porque os micro-organismos não podem ultrapassar todos os obstáculos gerados durante o processo. O exemplo 'b' simula melhor a produção de alimentos, afinal as barreiras têm intensidades diferentes e os principais fatores, que controlam o crescimento microbiano, são a atividade de água (Aa) e os conservantes (pres.). Já no exemplo 'c', o alto teor de nutrientes e vitaminas no alimento favorece o desenvolvimento dos micro-organismos, obrigando os obstáculos a agirem mais intensamente.

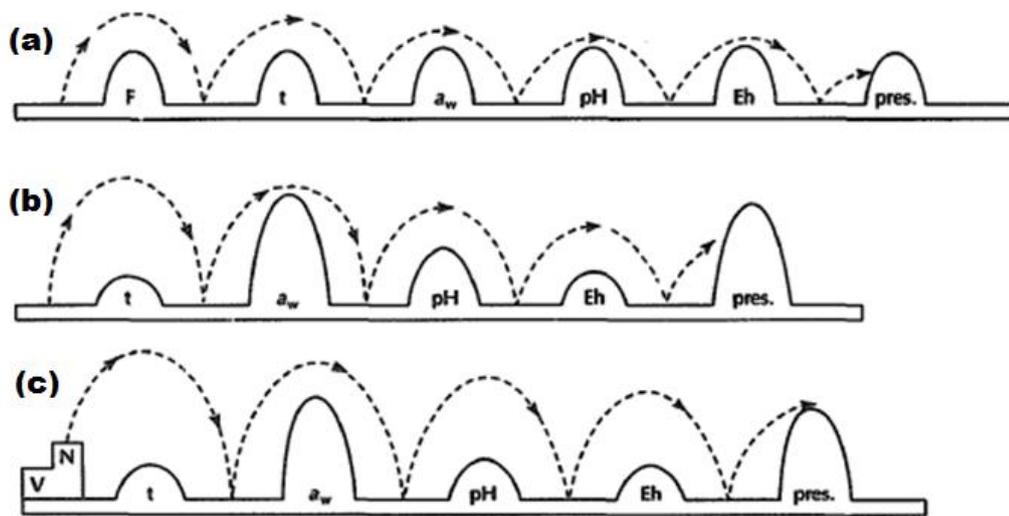


Figura 2. Exemplos da aplicação da Teoria dos Obstáculos.

As barreiras mais importantes, utilizadas na conservação de alimentos, são temperatura (alta ou baixa), atividade de água (a_w), acidez (pH), redox potencial (Eh), conservantes adicionados na formulação e microbiota competitiva. No entanto, existem mais de sessenta potenciais barreiras que podem ser aplicadas na conservação dos alimentos que melhoram a estabilidade e/ou a qualidade dos produtos (LEISTNER, GOULD, 2002).

2.8 PRINCIPAIS BARREIRAS TECNOLÓGICAS UTILIZADAS PARA A CONSERVAÇÃO DE EMBUTIDOS CÁRNEOS

Apesar da utilização de sais de cura em embutidos cárneos, a estabilidade microbiológica e a segurança desses produtos são resultadas da ação combinada de vários fatores de conservação (LEISTNER, GOULD, 2002). Os principais fatores, que atuam de forma sinérgica e controlam o desenvolvimento microbiológico nos embutidos, são a concentração da salmoura; o pH do produto; o nitrito adicionado ou residual; a severidade do tratamento pelo calor; a temperatura de estocagem; a natureza da microbiota competitiva e outros aditivos (SANTOS, 2008).

Entretanto, Leistner (2000) destaca que as principais barreiras tecnológicas atualmente aplicadas aos produtos cárneos são: tratamento térmico, ajuste de pH, ajuste da atividade de água, conservantes e/ou irradiação.

2.8.1 Ajuste do pH

A conservação pela redução do pH tem como objetivo reduzir o pH do produto para valor igual ou inferior 4,5. Esse valor de pH é de grande importância porque é considerado o menor pH limite para o desenvolvimento e produção de toxina do *Clostridium botulinum*.

Conservas de frutas e vegetais com pH menor que 4,5 são microbiologicamente seguras (LEISTNER; GORRIS, 1995) e os embutidos com pH abaixo de 5,4 podem ser seguros e estáveis se outros obstáculos, como processamento térmico, forem utilizados (LEISTNER et al., 1980 in JAFARI; DJOMEH, 2007). Entretanto, a conservação pelo abaixamento do pH em carnes é limitada pela avaliação sensorial, afinal, derivados cárneos com pH abaixo de 4,5 não têm boa aceitação pelos consumidores (LEISTNER; GORRIS, 1995).

Para desenvolver salsicha estável à temperatura de $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, Thomas et al. (2008) aplicaram o abaixamento do pH como uma barreira tecnológica. O pH da salsicha foi reduzido para aproximadamente 5,9 usando ácido láctico e gluconato-delta-lactona. Além da redução do pH, outras barreiras como tratamento térmico e redução da atividade de água, também foram avaliadas. O produto foi estável por seis dias à temperatura de $37\pm 1\text{ °C}$, mas a redução do pH diminuiu

significativamente ($p < 0,05$) em 2,11% a estabilidade da emulsão e com isso o rendimento do produto desenvolvido foi, em nível de 5% de significância, menor em 2,21% que o produto controle com pH igual a 6,27.

Jafari e Djomeh (2007), que tinham como objetivo diminuir o teor de nitrito em salsichas utilizando barreiras tecnológicas, reduziram o pH do produto de $5,8 \pm 0,01$ a $5,4 \pm 0,01$ utilizando 0,3% glucona-delta-lactona (GDL). Embora tenham aplicado outras barreiras como redução de atividade de água e pasteurização, a redução do pH reduziu ($p < 0,05$) a aceitação sensorial devido ao sabor amargo residual que o produto apresentou.

2.8.2 Redução da Atividade de Água (Aa)

A relação entre a estabilidade e o conteúdo de umidade dos alimentos, é estudada desde o começo século XX, mas somente a partir do trabalho de Walter em 1927 começou a se compreender a relação entre a atividade de água e o crescimento microbiano (CIFUENTES DE LA TORRE, 1987). Labuza em 1977 identificou a atividade de água (Aa) como uma das propriedades mais importantes para o processamento, conservação e armazenamento de alimentos, destacando-a devido à possibilidade de quantificar o grau de ligações de água contida no produto e, conseqüentemente, sua disponibilidade para agir como um solvente e participar de transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas (TORREZAN et al., 1997).

A combinação dos obstáculos permite o controle microbiológico em valores altos de Aa, com o uso de pequenas quantidades de depressores. A Tabela 3 apresentada por Torrezan et al. (1997) e desenvolvida por Chirife e Faveto, mostra que a redução da Aa até o valor de 0,91 inibe a grande maioria dos patógenos com exceção do *Staphylococcus aureus*, que sobrevive até o limite de 0,860 de atividade de água, porém, em meio com atividade de água menor que 0,92 esse micro-organismo não produz enterotoxina.

Tabela 3. Valores mínimos de Aa para o desenvolvimento de alguns micro-organismos patogênicos (nas condições ideais de pH e temperatura).

Patógenos	Aa
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,990
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0,970
<i>Clostridium botulinum</i> tipo E	0,970
<i>Clostridium botulinum</i> tipo G	0,965
<i>Shigella</i> sp.	0,960
<i>Yersinia enterocolítica</i>	0,960
<i>Clostridium perfringens</i>	0,950
<i>Clostridium botulinum</i> tipo A, B	0,950
<i>Vibrio parahemolyticus</i>	0,940
<i>Salmonella</i> sp.	0,940
<i>Escherichia</i> sp.	0,935
<i>Listaria monocytogenes</i>	0,930
<i>Bacillus cereus</i>	0,930
<i>Bacillus subtilis</i>	0,910
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,910
<i>Staphylococcus aureus</i> (sem produção de enterotoxina)	0,860

Thomas et al. (2008) desenvolveram salsichas com a aplicação da Teoria dos Obstáculos de Leistner e utilizaram como barreira no processo a redução de pH para 5,9, o tratamento térmico até que a temperatura interna do produto atingisse 75 °C, e a redução da atividade de água para 0,93 com a aplicação da proteína texturizada de soja (3%). As salsichas desenvolvidas apresentaram boa aceitação e vida de prateleira menor de três dias, quando armazenados à temperatura de 37±1 °C.

Jafari e Djomeh (2007) desenvolveram salsichas com menor teor de nitrito e também utilizaram a redução da atividade de água como uma barreira tecnológica. Para o produto, que apresentou estabilidade microbiológica, a atividade de água foi ajustada para 0,950 ± 0,002 usando 2% de NaCl, 1% KCl e 0,19% de goma comercial, não identificada pelos autores. Os autores comentam que Leistner et al (1980) afirmaram, com estudos preliminares, que o ajuste da atividade de água para valores iguais ou menores do que 0,95 o nitrito é necessário apenas para as

propriedades sensoriais dos produtos curados e não mais como conservante (JAFARI; DJOMEH, 2007).

Cifuentes de La Torre (1987) utilizou soluções osmóticas com concentrações variáveis de glicerol, propileno glicol, cloreto de sódio e água para imersão da salsicha e reduzir a atividade de água para valores menores que 0,84. O produto que apresentou as melhores características sensoriais foi obtido quando imerso na solução aquosa que continha: glicerol (50%), cloreto de sódio (10%) e sorbato de potássio (0,5%). Esse produto foi armazenado à temperatura ambiente por 105 dias e apresentou estabilidade química e microbiológica durante o armazenamento, porém necessitava de reidratação em água pura por 10 horas antes do consumo.

Dominguez (1977) reduziu a atividade de água da salsicha para 0,84 utilizando imersão em salmoura (25% de solução saturada de NaCl) e manteve este produto estocado 111 dias à temperatura ambiente em embalagem a vácuo. Apesar do produto reidratado apresentar características sensoriais próximas a dos produtos tradicionais, eram necessárias 4 horas de reidratação.

2.8.3 Pasteurização como tratamento térmico em produtos cárneos

O emprego de altas temperaturas na conservação de alimentos é denominado tratamento térmico porque causa a desnaturação de proteínas e a inativação de enzimas necessárias ao metabolismo microbiano. A pasteurização elimina todos os micro-organismos patogênicos, elimina ou reduz o número de micro-organismos deteriorantes e é aplicada aos alimentos ácidos ou muito ácidos ($\text{pH} < 4,5$), aos alimentos que serão conservados sob refrigeração ou congelamento, e ainda aos alimentos submetidos à concentração e desidratação. Consequentemente, não haverá condições para a multiplicação das formas microbianas que resistem à pasteurização (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

O processo de pasteurização a vapor, aplicado em carnes e derivados, é realizado em uma câmara com pressão atmosférica e temperatura entre 82 a 97°C. Os produtos são mantidos na câmara até que a temperatura interna dos mesmos chegue a 72-75 °C. Normalmente, este tratamento térmico também inclui o resfriamento rápido (AYMERICH et al., 2008).

Para garantir a segurança microbiológica e estabilidade de salsicha com teor de nitrito reduzido, Jafari e Djomeh (2007) utilizaram o conceito de Leistner et al. (1980), afirmando que o tratamento térmico, em que o produto é aquecido em vapor a 80 ± 1 °C até a temperatura interna da salsicha atingir 75 °C e então é transferido para um tanque com gelo até atingir a temperatura de 5-6 °C em 40-45 min, foi suficiente para inativar os micro-organismos que não formam esporos. Além disso, o tratamento térmico brando melhorou as propriedades sensoriais dos produtos e economizou energia.

Thomas et al. (2008), aplicaram a redução do pH para 5,9 e o ajuste da atividade de água para 0,93 e desenvolveram salsicha estável por 3 dias à temperatura de 37 ± 1 °C, também consideraram como barreira tecnológica tratamento térmico o processo de cozimento, realizado em um forno a vapor sem pressão até que a temperatura interna do produto atingisse 75 °C.

2.8.4 Aplicação de refrigeração durante a estocagem dos produtos cárneos

Algumas bactérias, como o *Clostridium perfringens*, desenvolvem formas esporuladas que são resistentes a altas temperaturas, mas são inativadas pelo frio (BRASIL, 2010). *Escherichia coli* não se desenvolve a temperatura de 5 °C ou temperaturas inferiores e a 10 °C cresce lentamente. Além disso, muitas *Pseudomonas*, capazes de crescer em temperaturas até próximas de 30 °C, desenvolvem-se lentamente nas temperaturas de refrigeração. Por estes motivos a conservação da carne a baixas temperaturas pode reduzir consideravelmente a sua velocidade de decomposição bem como o desenvolvimento de bactérias patogênicas (CARANOVA, 2008).

Thomas et al. (2008), que estudaram a refrigeração durante a estocagem como uma barreira tecnológica para a conservação de salsichas cozidas com pH igual a 5,9 e atividade de água de 0,93, concluíram que o produto desenvolvido quando armazenado à temperatura de 37 ± 1 °C possui a vida de prateleira menor que 3 dias e o produto mantido sob refrigeração apresentava o dobro de vida útil. Devido à maior taxa de oxidação lipídica os valores de TBARS (ácido tiobarbitúrico) aumentaram significativamente ($p < 0,01$) nas salsichas armazenadas a 37 °C em comparação com os seus homólogos refrigerados durante os 6 dias de

armazenamento. A avaliação sensorial da salsicha desenvolvida com a aplicação dos Obstáculos de Leistner revelou que a refrigeração é uma barreira importante no processo de conservação desse derivado cárneo, porque, o produto armazenado sob refrigeração obteve melhor aceitação para os atributos sensoriais suculência, aceitação global, aparência, sabor e textura, quando comparado com o produto estocado à temperatura de 37 °C (THOMAS et al., 2008).

Pexara et al. (2002) relataram um aumento significativo na contagem de lactobacilos em salsichas armazenadas a 10 °C em comparação com os produtos armazenadas a 4 °C. A contagem de *Staphylococcus aureus* foi de 10² UFC/g no 6º dias de estocagem em salsichas armazenadas em temperatura ambiente, enquanto esses estavam ausentes nas amostras sob refrigeração. A refrigeração também inibiu o crescimento de bolores e leveduras em salsichas.

Para desenvolver salsicha com redução do teor de nitrito, Jafari e Djomeh (2007) aplicaram o armazenamento refrigerado como umas das barreiras tecnológicas para conservação. Durante toda a vida útil, o produto foi mantido a temperatura de refrigeração menor que 3°C. No entanto, em boas condições de controle de temperatura (<10 °C), os autores destacaram que o risco em relação a este grupo de produtos é o desenvolvimento das cepas não proteolíticas de *C. botulinum*, que são capazes de se desenvolver, sob condições de refrigeração. Por isso, foi realizado o ajuste da atividade de água para 0,95, e foi considerado pelos autores como a principal barreira para evitar o desenvolvimento desse micro-organismo.

2.8.5 Embalagem a vácuo

A embalagem influencia a qualidade e a durabilidade de carnes frescas e processadas, pois altera o ambiente ao redor do produto, criando condições que retardam as reações de deterioração. A embalagem previne a evaporação da umidade do produto, evitando perdas de peso e alterações de aparência, textura e aroma. Contudo, a maior alteração no ambiente que circunda o produto, provocada pela embalagem, é quanto à composição gasosa. Esta atmosfera irá determinar a cor do produto, o tipo e a extensão da deterioração microbiológica e a taxa de oxidação dos seus componentes (OLIVEIRA et al., 2006)

Thomas et al. (2008) desenvolveram salsicha estável à temperatura de 37 ± 1 °C por seis dias utilizando como barreiras tecnológicas a redução do pH do produto para 5,9, ajuste da atividade de água do produto para 0,93 com a aplicação de proteína texturizada de soja (3%), cozimento como tratamento térmico, embalagem à vácuo e reaquecimento da embalagem até a temperatura interna de 90°C. Porém, o pH da salsicha no 6º dia apresentava uma tendência decrescente em relação ao 3º dia de armazenamento e os autores justificaram essa redução pela adição de açúcar e da proteína texturizada de soja, que combinados com a embalagem a vácuo, podem ter favorecido o crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico.

Zhou et al. (2010) destacam que em derivados cárneos refrigerados, como salsicha, a aplicação da embalagem a vácuo retarda o desenvolvimento dos microorganismos psicrotróficos, afinal essas bactérias são, principalmente, aeróbias. Porém, Incze em 1992, citado por Thomas et al. (2008), relatou que os ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, são formados em salsichas embaladas a vácuo durante o armazenamento, como resultado da fermentação de carboidratos, o que reduz o pH do produto. Resultados semelhantes já foram encontrados em presuntos fatiados, também embalados a vácuo (THOMAS et al., 2008).

Atualmente, para acondicionamento a vácuo de salsichas, em porções de até 500 g, são utilizadas bandejas flexíveis termoformadas, compostas por tampa e fundo termoformado. As tampas, em que a barreira ao oxigênio é proporcionada pelo revestimento de PVDC (copolímero de cloreto de vinila e cloreto de vinilideno) no filme de PET (politereftalato de etileno), PA (poliamida) ou EVOH (copolímero de etileno e álcool vinílico), são pigmentadas de branco, um recurso para barrar a luz ultravioleta e visível, catalisadoras da reação de oxidação de pigmentos e gordura, que resulta na degradação da cor e no desenvolvimento de odor e sabor indesejáveis no produto. As tampas apresentam como camada externa o filme de poliéster, que alia propriedades mecânicas, como resistência à abrasão e à perfuração, com propriedades óticas, como brilho e transparência, que realçam a impressão. O fundo das embalagens termoformadas de salsicha são basicamente compostos por materiais coextrusados sendo os polímeros mais usuais as poliamidas e o polietileno. A poliamida, além de conferir à estrutura características de barreira ao oxigênio e resistência mecânica, permite a termoformação. O polietileno permite o fechamento por calor e confere barreira ao vapor d'água suficiente para garantir a qualidade sensorial do produto (OLIVEIRA et al., 2006).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As barreiras tecnológicas são uma combinação efetiva de vários fatores de conservação e são essenciais ao processo de produção de alimentos porque garantem qualidade sensorial, segurança e estabilidade microbiológica aos produtos. A definição e o uso adequado das barreiras tecnológicas no processamento de alimentos também contribuem para economia de energia nos processos produtivos e menores impactos ambientais causados pela indústria alimentícia. Isto porque, ocorre o melhor aproveitamento das matérias-primas, dos insumos, dos sistemas de embalagens e das utilidades de processo.

A barreira tecnológica redução do pH tem aplicação restrita em produtos cárneos emulsionado, como salsicha, principalmente, porque compromete a formação de emulsão e as características sensoriais do produto. A redução da atividade de água em salsicha para valores inferiores a 0,95 é uma importante barreira tecnológica, porque, não há necessidade da aplicação do nitrito como agente conservante. O cozimento da salsicha é realizado até que a temperatura interna do produto atinja 75 °C, tornando-se a barreira tecnológica tratamento térmico. A utilização das barreiras tecnológicas refrigeração e embalagem a vácuo durante a estocagem contribuem para o aumento da vida de prateleira da salsicha. O desenvolvimento da pesquisa e a aplicação, de forma sensata, das diversas barreiras tecnológicas na produção de salsicha são essenciais para garantir tratamentos de conservação mais brandos e, principalmente, reduzir ou até suprimir a necessidade da aplicação dos conservantes químicos nitrato e nitrito na formulação desse derivado cárneo.

REFERÊNCIAS

AMIM, M.; OLIVEIRA, J. V. Efeito do uso do nitrato e nitrito na inibição de *Clostridium Perfringens* tipo A em linguiça bovina curada. **Boletim Ceppa**, 24, 2006.

AMSON, G. V.; HARACEMIV, S. M. C. MASSON, L. M. Levantamento de dados epidemiológicos relativos à ocorrências surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTAs) no estado do Paraná – Brasil, no período de 1978 a 2000. **Ciência e Agrotecnologia**, 30, 2006

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Relatório Anual Abipecs- 2011**. São Paulo. Disponível em < <http://data.novo.gessulli.com.br/file/2012/05/09/E142914-F00001-X544.pdf>>. Acessado em: 06 de novembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório Anual 2018**. São Paulo. Disponível em < <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf> >. Acessado em: 06 de novembro de 2018.

AUGUSTO, T. R.; JORGE, P. S.; MENDONÇA, C. C. T. Benefícios do uso da embalagem a vácuo em carnes e produto cárneos. **Revista Nacional da Carne**, 409, 2011.

AYMERICH, T.; PICOUET, P. A.; MONFORT, J. M. Decontamination technologies for meat products. **Meat Science**, 78, 2008.

BERNARDO, F. Perigos sanitários nos alimentos. **Segurança e Qualidade alimentar**, 1, 2006.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 04**: Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 31 de março de 2000.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 51**: Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus Limites das seguintes Categorias de Alimentos 8: Carne e Produtos Cárneos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 29 de dezembro de 2006.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Safra de grãos deve alcançar 300 milhões ton em dez anos, indica estudo**. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/safra-de-graos-deve-alcancar-300-milhoes-ton-de-graos-em-dez-anos-indica-estudo>>. Acessado em: 06 de novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde - ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 1002**: Lista os produtos, comercializados no país, enquadrando-os nas Subcategorias que fazem parte da Categoria 8 - Carnes e Produtos Cárneos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, 14 de dezembro de 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 1004**: Aprova o regulamento técnico: 'Atribuição de função de aditivos e seus limites máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos'. Diário Oficial da União; Poder Executivo, 14 de dezembro de 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde – ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12**: Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 26 de dezembro de 2001.

BRASIL, Ministério da Saúde. SVS - Secretaria de Vigilância em Saúde. **Análise Epidemiológica dos Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil**. 2008. Disponível em: < <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2016/junho/08/Apresenta----o-Surtos-DTA-2016.pdf> >. Acessado em: 06 de novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde – SVS - Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual Integrado de Prevenção e Controle de Doenças Transmitidas Por Alimentos**. 2010. Disponível em: < http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_integrado_prevencao_doencas_alimentos.pdf > f> Acessado em: 06 de novembro de 2018.

CARANOVA, A. R. P. **Implementação de um sistema de segurança alimentar num talho baseado na metodologia haccp**. Universidade Técnica de Lisboa. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, 2008

CESAR, A. P. R. **Listeria sp. e Listeria monocytogenes na produção de salsichas tipo Hot Dog e hábitos de consumidores**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 2008.

CIFUENTES DE LA TORRE, A.F. J. **Desenvolvimento, avaliação física, química e microbiológica, e testes de aceitação de salsicha com Aw reduzida por Glicerol e cloreto de sódio**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 1987.

CONTINI, J.; GASQUES, J. G.; ALVES, E.; BASTOS, E. T. Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de política agrícola**. Ano XIX, 2010.

DOMINGUEZ, J. A. **Salsicha de umidade intermediária para climas tropicais**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 1977

DUTRA, C. B. **Determinação de nitrosaminas voláteis em salsichas “hot-dog”**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 2006.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

GIROTTI, A. F. **Análise e Perspectivas da Suinocultura Brasileira**. Embrapa Suínos e Aves, 2005. Disponível em: < <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/>>, acessado em 20 de fevereiro de 2009.

GONÇALVES, J. R. Introdução de procedimentos não químicos na descontaminação

microbiológica de carnes. **Revista Nacional da Carne**, 404, 2010.

GREIG JD, R. A. Analysis of foodborne outbreak data reported internationally for source attribution. **International Journal of Food Microbiology**, 130, 2009.

JAFARI, M.; DJOMEH, Z. E. Reducing nitrite content in hot dogs by hurdle technology. **Food Control**, 18, 2007.

JENSEN, J. S.; HANSEN, F. New Chemical and Biochemical hurdles. **Danish Meat Research Institute**. 2005.

KALSCHNE, D. L.; SANTOS, M. C.; SARMENTO, C. M. P.; CORSO, M. P. Desenvolvimento de lombo suíno maturado. **Revista Nacional da Carne**, 403, 2010.

LEISTNER, L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. **International Journal of Food Microbiology**, 55, 2000.

LEISTNER, L.; GORRIS, L. G. M. Food preservation by hurdle technology. **Trends in Food Science & Technology**, v 6, 1995.

LEISTNER, L.; GOULD, G. W. **Hurdle technologies: combination treatments for food stability, safety and quality**. London: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2002.

LEISTNER, L., VUKOVIC´, I.; DRESEL, J. (1980). SSP: **Meat products with minimal nitrite addition, storable without refrigeration**. In: JAFARI, M.; DJOMEH, Z. E. Reducing nitrite content in hot dogs by hurdle technology. **Food Control**, 18, 2007.

MATHIAS, S. P. **Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial do presunto de peru submetido à tecnologia de alta pressão hidrostática**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

MELO FILHO, A. B de; BISCONTINI, T. M. B.; ANDRADE, S. A. C. Níveis de nitrito e nitrato em salsichas comercializadas na região metropolitana do Recife. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, vol.24, n.3, 2004.

MERCADANTE, A. Z.; CAPITANI, C. D.; DECKER, E. A.; CASTRO, I. A. Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. **Meat Science**, 84, 2010.

OLIVEIRA, R. Consumo de carne suína cresce cerca de 63% e anima produtores. **O Estado do Paraná**, Curitiba, 27 jul. 2008. Disponível em: < <http://www.parana-online.com.br/editoria/economia/news/314674/>>. Acesso em: 06 de novembro de 2018.

OLIVEIRA, L. M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; CUNHA, D. G.; LEMOS, A.B. Embalagens Termoformadas e Termoprocessáveis para Produtos Cárneos Processados. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 16, 2006

PARRILLI, C.C. ***Clostridium botulinum* em alimentos**. Trabalho de conclusão de curso de Medicina Veterinária. Faculdades Metropolitanas Unidas Medicina Veterinária, 2008.

PEXARA, E. S., METAXOPOULOS, J., DROSINOS, E. H. Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages-piroski-stored under vacuum and modified atmospheres at 4 and 10 °C. **Meat Science**, 62, 2002.

RAHMAN, M. S. **Handbook of food preservation**. Ed. CSR Press. 2007.

RAYMUNDO, M. S. **Avaliação da quantificação de nitritos e antioxidantes em alimentos por técnicas voltamétricas**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

RIGA, B. A.; RUIZ, M. R. Fita indicadora e tabela de cores para determinar concentração de nitratos e nitritos em carnes curadas. **Revista Nacional da Carne**, 403, 2010.

ROÇA, R.O. **Cura de Carnes**. UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal. Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~thompson/Roca111.pdf>>. Acessado em 02 de novembro de 2010.

SANTOS, T.M. Resistência de micro-organismos patógenos (Clostridium, Salmonella, e Listeria) em embutidos crus e cozidos e carnes armazenadas em embalagem com atmosfera modificada. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2, 2008.

SARMENTO, C. M. P. **Modelagem do crescimento microbiano e avaliação sensorial no estudo da vida de prateleira da mortadela e da lingüiça defumada em armazenamento isotérmico e não isotérmico**. Tese Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SILVEIRA, H. C. A união faz a força? **Revista Nacional da Carne**, 404, 2010.

THOMAS, R.; ANJANEYULU, A. S. R.; KONDAIAH, N. Development of shelf stable pork sausages using hurdle technology and their quality at ambient temperature (37 ± 1 oC) storage. **Meat Science**, 79, 2008.

TORREZAN, R.; JARDINE, J. G.; VITALI, A. A. Preservação de alimentos com o uso de métodos combinados: uma revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, São Paulo, v. 31, n. 2, 1997.

VALOR ECONÔMICO. Análise setorial - Carnes: Negócios e Tendências. Disponível em: <<http://setorial.valor.com.br>>. Acessado em: 28 de maio de 2009.

ZHOU, G. H.; XU, X. L.; LIU, Y. Preservation technologies for fresh meat – A review. **Meat Science**, 86, 2010.