

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS**

**ASSOCIAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS, SOLUÇÃO SALINA
ACIDIFICADA E RADIAÇÃO UV-C NA VALIDADE COMERCIAL DE
CARNE SUÍNA**

TESE DE DOUTORADO

Eliane Maria de Carli

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

**ASSOCIAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS, SOLUÇÃO SALINA
ACIDIFICADA E RADIAÇÃO UV-C NA VALIDADE COMERCIAL DE
CARNE SUÍNA**

Eliane Maria de Carli

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

Orientador: Prof. PhD. Leadir Lucy Martins Fries

Co-orientador: Prof. Dr. Cristiano Ragnanin de Menezes

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

de Carli, Eliane Maria
ASSOCIAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS, SOLUÇÃO SALINA
ACIDIFICADA E RADIAÇÃO UV-C NA VALIDADE COMERCIAL DE
CARNE SUÍNA / Eliane Maria de Carli.-2013.
161 p.; 30cm

Orientadora: Leadir Lucy Martins Fries
Coorientador: Cristiano Ragnanin de Menezes
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2013

1. ácidos orgânicos 2. carne suína 3. irradiação UV-C 4.
solução salina 5. microrganismos I. Martins Fries,
Leadir Lucy II. Ragnanin de Menezes, Cristiano III.
Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos
Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de
Doutorado

**ASSOCIAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS, SOLUÇÃO SALINA
ACIDIFICADA E RADIAÇÃO UV-C NA VALIDADE COMERCIAL DE
CARNE SUÍNA**

Elaborada por
Eliane Maria de Carli

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. PhD. Leadir Lucy Martins Fries
(Presidente/Orientador)

Prof^a. Dr^a. Solange Cristina da Silva Martins Hoelzel

Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota

Prof. Dr. Nelcindo Nascimento Terra

Prof. Dr. Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Santa Maria, 24 de julho de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Profa Leadir Lucy Martins Fries não somente pela orientação deste trabalho, mas por todos os ensinamentos ao longo dessa caminhada, que na verdade iniciou em 1999 com uma bolsa de iniciação científica, passou por um mestrado e chegou ao doutorado! Obrigada.

A Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade.

A universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC, pela disponibilidade dos laboratórios e equipamentos para as análises.

A minha querida amiga, Simone Palezi pela amizade, convívio, ajuda, incentivo, companheira de dúvidas e preocupações analíticas.

A colega e amiga Eliandra Mirlei Rossi, pela ajuda no laboratório de microbiologia, pela disposição e atenção que sempre demonstrou quando precisei de ajuda.

A Aurora Alimentos – Unidade de São Miguel do Oeste, pela doação das carcaças suína para realização deste trabalho.

Ao CNPq pelo financiamento deste trabalho.

Aos professores da banca de qualificação pelas sugestões de melhoria do trabalho.

Ao Prof. Nelcindo Nascimento Terra, agradeço pelos ensinamentos transmitidos, pelo exemplo de profissional, pela atenção e disponibilidade sempre que solicitado.

Ao Prof. Ernesto Hashime Kubota, pela atenção com que sempre me recebeu. Obrigada.

Ao Prof. Cristiano Ragnanin Menezes, pela atenção e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Alexandre Chichoski, pelo empréstimo da câmara de ultravioleta.

As alunas Maisa Paula Zeni, Gisele Rabaioli da Silva, Antonia Erica Somavilla, Aline Scandolara por estarem sempre prontas a me ajudar. Por todos os incentivos, conversas, confiança e amizade!

A Gabriela Marin, pela amizade e ajuda na coordenação durante o desenvolvimento deste trabalho.

A minha família, em especial a minha mãe Anita e meu pai Eleonor, pelo apoio e incentivo durante a realização do curso.

A minha segunda família, especialmente a Gicelda e Arno, pela amizade, pelo carinho e apoio.

Ao Rafael, obrigada por tudo, pelo companheirismo, apoio, paciência e amor, por ser companheiro de todas as horas.

A todos os amigos pela convivência e apoio.

A todos, o meu muito obrigado.

RESUMO

Tese de doutorado

Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

Universidade Federal de Santa Maria

ASSOCIAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS, SOLUÇÃO SALINA ACIDIFICADA E RADIAÇÃO UV-C NA VALIDADE COMERCIAL DE CARNE SUÍNA.

Autora: Eliane Maria de Carli

Orientador: PhD. Leadir Lucy Martins Fries

Local e data da defesa: Santa Maria, 24 de setembro de 2013.

A carne suína é a mais produzida e consumida no mundo, em função disso a indústria está sempre em busca de métodos para aumentar a vida útil do produto. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de métodos combinados, irradiação UV-C, ácidos orgânicos, solução salina, na validade comercial da carcaça suína. Foram selecionadas aleatoriamente 78 cortes de pernil suíno de um frigorífico da região Oeste de Santa Catarina com Inspeção Federal e foram realizados os seguintes tratamentos: Controle (C); T1: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T1) e T2: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (T2); As amostras foram congeladas a -18°C por um ano, onde realizou-se análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, nos tempos, zero, 90, 180 e 360 dias. Em um segundo e terceiro experimento realizou-se análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais de pernil suíno refrigerado a 2°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) e 4°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), armazenados em sacos plásticos por 25 e 30 dias, sendo as análises realizadas nos tempos, zero, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após o armazenamento. Foram realizados os seguintes tratamentos: Controle (C); T1: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T1); T2: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (T2); T3: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T3). T4: Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (T4); T5: radiação UV-C 5,4 KJ (T5); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (T6) e Controle (C); T1: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); T2: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); T3: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v); T4: Solução salina acidificada a 0,6%; T5: Solução salina acidificada 1%; T6: Aplicação de água à 80°C ; T7: Aplicação de luz ultravioleta por 1 minuto, 30W de potência; T8: Aplicação de luz ultravioleta por 3 minutos, 30W de potência. Através de análises estatísticas, observou-se que os valores de pH aumentaram nas amostras resfriadas e congeladas, tratadas e não tratadas. Foi observada uma maior oxidação lipídica nas amostras tratadas da carne congelada e nas amostras controle da carne resfriada. Na contagem de aeróbios mesófilos e psicrotóxicos, observou-se que as amostras controle apresentaram maiores contagens, em relação às amostras tratadas tanto na carne resfriada e como na congelada. Portanto a ação eficiente dos métodos combinados foi demonstrada nas amostras tratadas, em relação ao aumento da vida útil da carne suína. Em relação a análise sensorial, as amostras tratadas, nos dois experimentos, evidenciaram uma maior aceitação do produto, por parte dos julgadores. Na análise de cor, as amostras tratadas obtiveram bons resultados, evidenciando pequenas ou até mesmo imperceptíveis alterações. Conclui-se que a utilização de métodos combinados de ácidos orgânicos e irradiação UV-C, apresentaram-se como métodos eficientes para aumentar a vida útil da carne suína, tanto congelada e como resfriada.

Palavras – chaves: Carne suína. Segurança alimentar. Ácidos orgânicos. Irradiação UV-C.

ABSTRACT

Thesys of Doctorate

Post-Graduate Program in Food Science and Techonology

Federal University of Santa Maria, RS, Brasil

ASSOCIATION OF ORGANIC ACIDS, SALINE SOLUTION AND UV-C RADIATION IN THE COMMERCIAL VALIDITY OF PORK

Author : Eliane Maria de Carli

Advisor: PhD. Leadir Lucy Martins Fries

Place and date of defense: Santa Maria, September 24, 2013.

Pork is the most widely produced and consumed meat in the world and due to this fact, the industry is always looking for ways to increase the shelf life of the product. Therefore, the aim of this work is to evaluate the effect of combined methods, UV-C irradiation, organic acids, saline solution, in the commercial validity of swine carcass. 78 cuts of bone-in ham were randomly selected from a slaughterhouse under Federal Inspection in western Santa Catarina and the following treatments were conducted: control (C); , T1: 1% lactic acid (v / v) + 0.80% of ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation (T1) and T2: 1% lactic acid (v / v) + 0.10 % acid ascorbic (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46 KJ UV-C radiation (T2); the samples were frozen at -18° C for one year, during which microbiological, physico-chemical and sensory analyses were carried out, in times zero, 90 , 180 and 360 days. In a second and third experiment microbiological, physicochemical and sensory analyses were carried out on bone-in ham refrigerated at 2 °C (± 1 ° C) and 4 ° C (± 1 ° C), stored in plastic bags for 25 and 30 days, with the analyses performed on days zero, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 after storage. The following treatments were conducted : Control (C) , T1: 1% lactic acid (v / v) + 0.80 % ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation (T1) , T2: 1% lactic acid (v / v) + 0.10 % ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46 KJ UV- C radiation (T2) and T3: 1% lactic acid (v / v) + 0.80 ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 0.6% acetic acid (v / v) + 5.4 KJ UV-C radiation (T3). T4: acidified saline solution + 0.6% 5.4 KJ UV- C radiation (T4)); T5: 5.4 KJ UV-C radiation (T5) , T6 9.46 KJ UV-C radiation (T6) and control (C), T1: 1% lactic acid (v / v) + 0.80 % ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) , T2 : 1% lactic acid (v / v) + 0.10 % ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) , T3 : 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 0.6 % acetic acid (v / v); T4: acidified saline solution at 0.6%, T5: 1% acidified saline solution T6 : Application of water at 80 °C , T7: Application of ultraviolet light for 1 minute , 30W power, T8 : Application of ultraviolet light for 3 minutes , 30W power. Through statistical analysis, it was observed that the pH values increased in the chilled and frozen samples, treated or untreated. A higher lipid oxidation was observed in treated frozen samples and in the control samples of chilled meat. On the mesophilic and psychrotrophic aerobes count, it was observed that the control samples had higher counts in relation to the treated samples both in the frozen and chilled meats. Therefore the effective action of the combined methods was demonstrated in treated samples, in relation to the increased shelf life of pork. In relation to sensory analysis, the treated samples in both experiments showed a greater acceptance of the product by the judges. In the color analysis, the treated samples showed good results, showing little or even imperceptible changes. It is concluded that the use of combined methods of organic acids and UV-C irradiation were found to be effective in increasing the shelf life of both frozen as well as chilled pork.

Keywords: Pork. Food safety. Organic acids. UV-C irradiation.

LISTA DE TABELAS ARTIGO 1

Tabela 1 - Valores médios da contagem de microrganismos aeróbios mesófilos das amostras de barriga suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 4°C.	62
Tabela 2 - Valores médios da contagem de microrganismos psicrotrophicos das amostras de carne suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 4°C.	64
Tabela 3 - Valores médios de valores de pH das amostras de corte de barriga suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento 4°C.....	66
Tabela 4 - Valores de TBARs das amostras de corte de barriga suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 4°C.	67

LISTA DE TABELAS ARTIGO 2

Tabela 1 - Valores médios da contagem de microrganismos aeróbios mesófilos das amostras de carne suína submetidas aos diferentes ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante 30 dias de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).....	80
Tabela 2 - Valores médios da contagem de microrganismos psicrotróficos das amostras de carne suína submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante 30 dias de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).....	81
Tabela 3 - Valores das médias de coliformes fecais das amostras de carne suínas submetidas a ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante todo o período de armazenamento a 2°C ($1\pm\text{C}$).	82
Tabela 4 - Amostras positivas (presença) e negativas (ausência) para detecção de <i>Salmonella</i> spp pelo Método Convencional em carne suína submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante o período de armazenamento a 2°C ($1\pm\text{C}$).	83
Tabela 5 - Valores médios de valores de pH das amostras de carne suína submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante 30 dias de armazenamento a 2°C ($1\pm\text{C}$).	84

LISTA DE TABELAS ARTIGO 3

Tabela 1. Valores de TBARs das amostras de corte de carne suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).	102
Tabela 2. Valores médios da análise de cor (L^* , a^* e b^*) das amostras de carne suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).	103
Tabela 3. Valores das médias de aceitabilidade pelos provadores em das amostras de carne suína assada, após serem submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e doses de radiação UV-C durante o período de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).	104

LISTA DE TABELAS ARTIGO 4

Table 1: Mean scores of psychrotrophic bacteria in frozen pork in relation to storage time (0, 90, 180, 360 days).	115
Table 2: Measured values of pH of frozen samples in relation to storage times (0, 180 and 360 days).	116
Table 3: Mean values of TBARs (mg Mal / kg) of samples frozen at -18 °C in relation to storage time (0, 90, 180 and 360 days).	117
Table 4: Mean values of the analysis of color (L, a* and b*) of the samples frozen at -18 ° C in relation to storage time (0, 180 days).	118
Table 5: Mean values of sensory analysis of the samples frozen at -18 °C in relation to storage times (0,180 and 360 days).	119
Table 6: Mean values of the sensory acceptance test for the attribute pork flavor treated with different doses of organic acids and UV-C irradiation, frozen at -18 ° C.	120
Table 7: Mean values of the sensory acceptance test for the attribute overall impression of pork treated with different doses of organic acids and UV-C irradiation, frozen at -18 ° C	121

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Destino da produção de carne suína no Brasil em 2011.....	28
Figura 2 - Esquema geral do mecanismo de oxidação lipídica.	33

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

a* - Teor de Vermelho

ABCS - Associação Brasileira dos Criadores de Suínos

ABIEPCS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína.

AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica

AMSA - American Meat Science Association

ATP - Trifosfato de adenosina

b* - Teor de amarelo

B1 - Tiamina

Ba - Bario

BHQ - Butil-hidroxiquinona

BHT - Butilhidroxitolueno

c - Velocidade da luz

CRA - Capacidade de retenção de água

Cm² - Centímetros quadrados

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

CO - Monóxido de Carbono

DFD - Dark, firm and dry

DNA - ácido desoxirribonucléico

EFSA - European Food Safety Authority

eV - Elétron-Volt

ES - Eletron Solvatado

EsVE - Escola Veterinária

EUA - Estados Unidos da América

FAO - "Food Agriculture Organization" Organização das Nações Unidas Para Alimentação

FDA - Food and Drug Administration

g - grama

GEDRE - Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Reatores Eletrônicos

GRAS - Generally Recognized as safe

Gy - Gray

HACCP - "Hazard Analysis and Critical Control Points" Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controle

HCIO - Acido hipocloroso

H₂O₂ - Peróxido de hidrogênio

Hz - Hertz

IAEA - "International Atomic Energy Agency" Agencia Internacional de Energia Atômica

ICGFI - "International Consultative Group on Food Irradiation" Grupo Consultivo Internacional de Irradiação de Alimentos

IPE/CTEx - Instituto de Projetos Especiais do Centro Tecnológico do Exército

J - Joule

Kcal - Quilo caloria

Kg - Quilograma

Kgf - Quilograma-Força

KGy - Quilogray

KJ/m² - Quilo Joule por metro quadrado

L* - Luminosidade

MA - Malonaldeido

MA .Kg⁻¹ - Malonaldeido por quilograma

MeV - microscópio eletrônico de varredura

Mg - miligramas

mL - Mililitro

Ni - Niquel

NPPC - National Pork Producers Council

OH - Hidroxil

(OH)² - Hidroxico

O₂ - Superóxido

O₂· - Radical Superóxido

O₃ - Ozônio

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

pH - potencial Hidrogeniônico

Ppb - Baixas doses de radiação

PPM - Alta doses de radiação

Ppm - Partes por milhão

PSE - Pale, Soft and exsudative

R* - Radicais Livres

RFN - Carne suína considerada normal

RH - Ácidos graxo insaturados

RNA - ácido ribonucléico

ROO* - Radicais Peróxido

ROOH - Radicais Hidroperóxido

RPE - Ressonância Paramagnética Eletrônica

SRO - Substancia reativas de oxigênio

TBA - Acido 2-tiobarbitúrico

TBARS - "triobarbituric acid reactive substance" Substância reativa ao ácido tiobarbitúrico.

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFC - Unidade formadora colônia

UV-C - Ultravioleta de ondas curtas

UV - Ultravioleta

USDA - "United States Department Agriculture" Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da America

W/m² - Watt por metro quadrado

W - Watts

% - Porcentagem

µg - micrograma

µw - microwatt

λ - Comprimento de onda

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
1.1 Objetivos	24
1.1.1 Objetivo geral	24
1.1.2 Objetivos específicos.....	24
2 REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 Carne Suína	26
2.1.1 Mercado da Carne Suína	26
2.1.2 Características da carne suína.....	28
2.1.3 Características de qualidade da carne suína	29
2.1.4 Controle de pH	30
2.1.5 Oxidação Lipídica	31
2.1.6 Oxidação – Mecanismo de Reação.....	33
2.2 Qualidade microbiológica da carne	35
2.3 Métodos para controlar a contaminação inicial da carne suína	42
2.3.1 Ácidos Orgânicos	42
2.3.2 Uso de ácidos orgânicos para a descontaminação da pele de animais	46
2.3.3 Uso de ácidos orgânicos para a descontaminação de carcaças	47
2.4 Irradiação de alimentos	49
2.4.1 O processo de irradiação de alimentos	49
2.4.2 Irradiação X Microrganismos.....	51
2.5 Radiação ultravioleta	54
3 ARTIGOS	57
3.1 Artigo 1: Descontaminação de cortes suínos com ácidos orgânicos comerciais, solução salina acidificada e luz ultravioleta	58
Resumo.....	58
Abstract	58
Introdução	59
Material e métodos.....	60
Resultados e discussão	61
Conclusão	69

Referências.....	69
3.2 Artigo 2: UTILIZAÇÃO DE IRRADIAÇÃO UV-C, ÁCIDOS ORGÂNICOS E SOLUÇÃO SALINA ACIDIFICADA PARA AUMENTAR A VIDA ÚTIL DA CARNE SUÍNA.....	72
RESUMO	72
INTRODUÇÃO.....	73
MATERIAIS E MÉTODOS	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS	85
3.3 Artigo 3: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CORTE SUÍNO SUBMETIDOS À RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA-C, ÁCIDOS ORGÂNICOS E SOLUÇÃO SALINA.....	87
INTRODUÇÃO.....	90
MATERIAIS E MÉTODOS	92
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	94
CONCLUSÃO	101
3.4 Artigo 4: Short title - Effect of UV-C radiation and acids organic acids in the commercial validity of frozen pork	107
INTRODUCTION	108
MATERIALS AND METHODS	109
RESULTS AND DISCUSSION	111
CONCLUSION.....	114
REFERENCE.....	122
4 DISCUSSÃO	124
CONCLUSÃO.....	130
REFERÊNCIAS.....	132

1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida no mundo e embora ainda enfrente uma série de preconceitos e restrições religiosas, 39% de toda a carne consumida é de origem suína (RAMOS; GOMIDE, 2007). Com produção mundial de cerca de 100 milhões de toneladas, quase a metade é produzida na China e outro terço na União Europeia (UE-27) e nos Estados Unidos. A participação do Brasil é da ordem de 3% da produção e 11% das exportações mundiais, assumindo a quarta posição no “ranking” dos produtores e exportadores (ABIPECS, 2009).

Por ser um dos maiores produtores mundiais de grãos e desta forma possuir condição primária para a sustentação da cadeia suinícola, além de possuir área disponível e clima favorável, o Brasil tem sido apontado como um dos países que terá grandes condições de desenvolvimento da produção de suínos (BRIDI et al., 2006).

O Brasil tem atualmente um plantel de 34 milhões de cabeças de suínos e estima-se que 400 mil pessoas dependam diretamente da cadeia produtiva da suinocultura brasileira (ABIPECS, 2009).

Com o crescente aumento da população mundial e melhoria no poder aquisitivo, aumenta-se a demanda por alimentos, especialmente produtos de origem animal. Para suprir as expectativas deste mercado em expansão, tornam-se necessários amplos investimentos que promovam melhorias na produtividade animal e na qualidade de carnes.

Milhares de toneladas de alimentos são perdidos no mundo por falta de investimentos tecnológicos na sua conservação o que tem levado a “*Food and Agriculture Organization – FAO*” e “*World Health Organization – WHO*” a promover esforços para criar e desenvolver tecnologias para diminuir tais desperdícios. No Brasil, o Conselho Nacional de Energia Nuclear - CNEN e Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA além de outras instituições em suas atividades de ensino e pesquisa têm contribuído bastante para que se torne possível à implantação de instalações destinadas à irradiação de alimentos. A atividade industrial na irradiação de alimentos já é significativa no Brasil com plantas no estado de São Paulo onde se destacam a irradiação de condimentos e especiarias.

A utilização de agentes químicos na sanitização de carcaças de animais recém-abatidos, destinados ao consumo humano, tem sido exaustivamente estudada, na busca de reduzir a presença de microrganismos patogênicos e deterioradores (BARUA; SHELEF, 1980). Alguns destes agentes de sanitização são os ácidos orgânicos, os quais podem ser empregados para diminuir a contaminação microbiana, através da aspersão nas carcaças de animais de abate (SILVA; SOARES; COSTA, 2001); (ANDERSON; MARSHALL; DICKSON, 1992).

A ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos de forma geral resulta da ação lipofílica durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do micro-organismo acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes (SILVA, 1999a).

A aspersão de ácidos fracos combinados em carcaças suínas, nas câmaras de resfriamento, pode levar a um aumento da vida de prateleira dos cortes, bem como estes ácidos orgânicos são recomendados pelo fato de possuírem alta toxicidade contra micro-organismos e baixa contra seres humanos (DREHMER, 2005).

A aplicação de métodos associados como irradiação UV-C, ácidos orgânicos e solução salina acidificada em carnes não convencionais como a suína é indicada como alternativa para a conservação da carne, tendo em vista seus diversos benefícios como extensão da validade comercial por inibição de reações enzimáticas e redução da microbiota deteriorante e patogênica. No entanto, a irradiação em determinados alimentos como as carnes podem ocasionar em alterações de caráter sensorial; principalmente ranço oxidativo, descolorações, exsudação, sabores e odores desagradáveis; levando o consumidor à rejeição.

Desta forma a indústria da carne enfrenta novos desafios através da pesquisa, na busca de novas tecnologias e sistemas que diminuam as perdas econômicas e garantam produtos mais seguros e com a qualidade desejada pelo consumidor.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da exposição da carne suína a irradiação UV-C, ácidos orgânicos e solução salina acidificada, como métodos de conservação da carne suína.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de ácidos orgânicos, solução salina acidificada e radiação UV-C na validade comercial de carne suína.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Verificar o efeito da associação de ácidos orgânicos, solução salina acidificada e radiação UV-C, na validade comercial da carne suína resfriada e congelada;
2. Avaliar a qualidade microbiológica das carnes tratadas através da contagem total de bactérias aeróbias mesófilas, bactérias psicrótróficas, coliformes fecais e *Salmonella* spp, na carne resfriada e congelada;
3. Determinar a oxidação lipídica, pH, cor da carne suína refrigerada e congelada;
4. Realizar análise sensorial da carne suína refrigerada e congelada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Carne Suína

No Brasil, o sistema agroindustrial suíno apresenta-se em franca expansão em decorrência das mudanças nas características dos produtos, da inserção no mercado internacional, dos ganhos tecnológicos e das alterações da escala de operação. Os investimentos na cadeia suinícola demonstram o futuro promissor deste segmento e é observada uma grande articulação entre os diferentes agentes que a compõem (RODRIGUES et al., 2009).

A carne suína é a mais produzida e consumida no mundo, caracterizando-se, juntamente com a carne de frango, como um representante típico da transformação de proteína vegetal em animal. Assim, países com expressiva produção de grãos, especificamente milho e soja, configuram-se no cenário internacional como grandes produtores dessas carnes (OLIVO; OLIVO, 2006).

A possibilidade de expansão da suinocultura – e todos os benefícios sociais decorrentes está intimamente ligada ao aumento do consumo interno. O aumento do poder aquisitivo da população e a popularização da carne suína, colocada no mercado em cortes (carne *in natura*) a preços acessíveis e competitivos com os de outras carnes, são fatores que promovem esse aumento de consumo (BRAUN, 2007).

2.1.1 Mercado da Carne Suína

A cadeia produtiva da carne é o segundo item da pauta de exportações do agronegócio brasileiro, com a tendência de, em breve, se tornar o líder em vendas para o exterior. Contribui, sobremaneira, no âmbito social, e desempenha um importantíssimo papel já que lhe compete o maior número de empregos no agronegócio brasileiro, gerando mais de quatro milhões de postos de trabalho (20% do total da nossa agropecuária) (BRASIL, 2012a).

Em uma síntese das projeções do agronegócio de 2011, observa-se que o setor de carnes mostra potencial de crescimento nos próximos anos, tendo a carne suína uma taxa de crescimento de 1,9% ao ano (BRASIL, 2012b).

Para a estruturação da cadeia da carne suína, seguindo o exemplo da cadeia da carne de frango, torna-se necessário a melhoria da produtividade através da logística de distribuição, da incorporação de novas genéticas elaboradas de acordo com as exigências do consumidor sem, contudo, esquecer os aspectos de ordem sanitária (GROLLI, 2008).

O Brasil vem se destacando como importante pólo produtor de alimentos para o mundo, demonstrando expressivo potencial de produção e exportação de produtos de origem animal, dentre eles a carne suína. Dentre os países produtores de carne suína, a China é o maior produtor do mundo, com 49,5 milhões toneladas em 2011, seguida da União Européia, Estados Unidos e Brasil, com 22,53, 10,27 e 3,22 milhões de toneladas, respectivamente (ABIPECS, 2012).

No *ranking* dos países exportadores, o Brasil encontra-se na quarta colocação com 582 mil toneladas de carne suína, precedido pelos Estados Unidos, União Européia, Canadá, que contabilizaram em 2011 as exportações de 2,24, 2 e 1,16 milhões toneladas, respectivamente. Entre os principais destinos da carne suína brasileira, neste mesmo ano, destaca-se Hong Kong, Rússia, Ucrânia e Argentina que importaram 27%, 22%, 12% e 9% do volume total produzido (ABIPECS, 2012).

Considerando a produção nacional de carne suína em 2011, observa-se que a exportação representou apenas 582 mil toneladas, ou seja, 18% do montante produzido (figura 1) (ABIPECS, 2012). Por este motivo, entidades de apoio e de incentivo à suinocultura no país desenvolvem estratégias que buscam o incremento da suinocultura brasileira, trabalhando para uma maior estabilidade econômica da atividade, objetivando os consequentes benefícios sociais para os produtores e trabalhadores desta cadeia, através da ampliação do mercado doméstico da carne suína (ABCS, 2012).

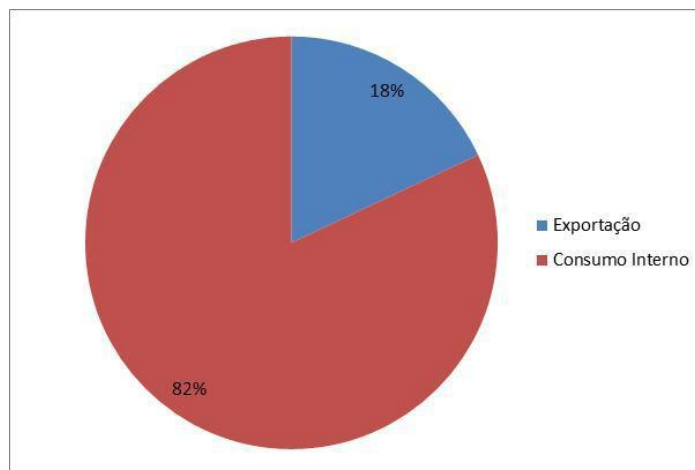


Figura 1 - Destino da produção de carne suína no Brasil em 2011

Fonte: ABIPECS, 2012

2.1.2 Características da carne suína

Em termos nutricionais, a carne suína possui um adequado teor de proteína (19 a 20% na carne magra), com uma boa combinação de todos os aminoácidos essenciais, apresentados numa forma biologicamente disponível. Além de grande fonte de cálcio, fósforo, zinco, ferro e potássio, apresenta-se como excelente fonte de vitaminas do complexo B, principalmente de tiamina e riboflavina (B12), importantes para o metabolismo das gorduras e carboidratos e liberação da energia dos alimentos (ROPPA, 2005).

A composição geral da carne suína consiste de 72% de água, 20% de proteínas, 7% de gordura, 1% de minerais e menos de 1% de carboidratos. Quando comparada a outros alimentos, constata-se que a carne suína é um alimento rico em proteínas e pobre em carboidratos, fato que auxilia na redução calórica do produto, sendo que 100 gramas de carne possui cerca de 147 kcal (SARCINELI et al., 2007).

Sem dúvida, a genética foi a grande responsável pelo avanço da qualidade da carne suína. Atualmente, a quantidade de gordura na carcaça suína não chega a 6%, enquanto que nos anos 60 atingia níveis de 31% de gordura (MIGLIAVACCA, 2011).

Com relação ao colesterol e valor energético, a evolução e o aprimoramento da carne suína traduziram em uma redução de 10% do colesterol e 14% de calorias, tornando este alimento mais magro e nutritivo, além de, indiscutivelmente, saboroso (BRASIL, 2012).

A qualidade da carne abrange propriedades decisivas que garantem o sucesso da industrialização e do mercado de carne *in natura*. Os principais atributos de interesse são as características nutricionais (teores de proteína, lipídeos, vitaminas e minerais), as características tecnológicas (pH, capacidade de retenção de água, estabilidade oxidativa) e as características sensoriais (cor ou aparência, textura, suculência e sabor) segundo Rosenvold et al. (2001).

A carne suína tem composição muito semelhante à carne das demais espécies, rica em nutrientes, proteínas de alto valor biológico, vitaminas e diversos minerais. Cerca de 70 % da gordura suína encontram-se situada abaixo da pele (toucinho), 20 a 22 % entre os músculos e o restante dentro dos músculos. De maneira geral e dependendo do corte, a carne suína apresenta 72% de água, 20% de proteínas, 7% de gordura, 1% de minerais e menos de 1% de carboidratos (SARCINELLI et al., 2007).

2.1.3 Características de qualidade da carne suína

A definição de qualidade pode ser feita em dois extremos. No primeiro, a qualidade é considerada um produto da mente do consumidor, sendo altamente subjetiva e impossível de ser medida consistente e objetivamente (BECKER, 2002).

Sabe-se que os consumidores, quando fazem decisões de compra, utilizam uma série de fatores (preço, coloração, corte, quantidade, teor de gordura subcutânea e intramuscular, aparência da embalagem) para avaliar a qualidade da carne (LAWRIE, 2005).

Após a compra, atributos sensoriais como suculência, maciez e sabor se tornam significativos, determinando se o consumidor tenderá a comprar o produto novamente (BRASHEAR et al., 2002; GOODING et al., 2009). No entanto, a importância desses atributos é fortemente influenciada por preferências regionais e individualmente por consumidor (LAWRIE, 2005).

Nesse contexto, surge o conceito de qualidade objetiva, cientificamente mensurável e refletindo nos chamados atributos de qualidade. Quanto mais características de um produto possam ser medidas com métodos reproduzíveis, mais completa será a determinação de sua qualidade (PRÄNDL et al., 1994; BECKER, 2002).

2.1.4 Controle de pH

Diversos fatores podem afetar o pH da carne, como a genética do animal, o emprego do frio na indústria, o processamento tecnológico e a administração de substâncias antes do abate (HOLMER et al., 2009).

Estudos têm demonstrado que o pH do lombo suíno está associado à variação de seus atributos de qualidade como a coloração e a capacidade de retenção de água, e também à manutenção do prazo de vida comercial, tanto por sua coloração, quanto pela multiplicação microbiana (HUFF-LONERGAN et al., 2002; HOLMER et al., 2009).

Na carne suína normal, o pH desce a 5,6 - 5,7 em seis a sete horas *post mortem*, chegando a 5,3 - 5,7 em 24 horas.

O decréscimo não se dá de forma uniforme em todos os animais, podendo chegar rapidamente a 5,4 - 5,5 ainda na primeira hora *post mortem*. A rápida redução do pH após a morte, causada pela glicólise acelerada e associada à alta temperatura da carne, resulta na carne PSE (do inglês *pale, soft and exsudative*), estando associada ao estresse dos suínos pouco antes do abate. Nos casos de estresse prolongado, pode ocorrer o fenômeno DFD (*dark, firm and dry*), causado pela falta de glicogênio no momento do abate, impedindo a adequada acidificação da carne (PRÄNDL et al., 1994; LAWRIE, 2005).

Carnes PSE e DFD representam um sério problema para a indústria, sendo de pior aptidão ao consumo e ao processamento.

2.1.5 Oxidação Lipídica

Os lipídios desempenham um importante papel no que diz respeito à qualidade dos produtos alimentares, particularmente em relação às propriedades organolépticas que os tornam desejáveis (*flavor*, cor e textura). Além disso, conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais (ácidos linoléico, linolênico e araquidônico) e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (ST. ANGELO, 1996).

Segundo Olivo (2006) apesar dos lipídeos serem importantes componentes dos produtos cárneos, conferindo características desejáveis de suculência, sabor, aroma, valor nutricional e propriedades tecnológicas, estes são facilmente oxidáveis.

A oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável, com uma implicação direta no valor comercial dos lipídeos e de todos os produtos que a partir deles são formulados (alimentos, cosméticos, medicamentos) (CASTERA-ROSSIGNOL, 1994), pode ser dividida em duas categorias: na primeira ocorre a oxidação de gorduras altamente insaturadas, particularmente os poliinsaturados, resultando na formação de produtos poliméricos.

A segunda categoria relaciona-se com a oxidação de gorduras moderadamente insaturadas e leva ao aparecimento de ranço acompanhado de odores estranhos (CASTRO et al., 2004), é uma das principais causas de deterioração dos alimentos, responsável por graves prejuízos na indústria alimentar, já que afastados do seu contexto de proteção natural, os corpos graxos sofrem, no decurso de processos de transformação e armazenamento, alterações do tipo oxidativa (PADILHA, 2007), que se iniciam nas ligações insaturadas dos ácidos graxos, além da destruição de constituintes essenciais, o que ocasiona o decréscimo do valor nutricional, e a formação de compostos tóxicos durante o processamento e armazenamento do alimento (MELO; GUERRA, 2002), o que representa para o consumidor, ou para o transformador industrial, uma importante causa de depreciação ou rejeição (CASTERA-ROSSIGNOL, 1994).

A autooxidação dos lipídeos um exemplo típico de reação que envolve a formação de radicais livres, através da decomposição de hidroperóxidos (ROOH) que existem em alimentos em mínimas quantidades (traços) antes mesmo do início

da autoxidação (GORDON, 1990), essas espécies químicas são capazes de existir independentemente, e contém um ou mais elétrons não pareados, ocupando orbitais atômicos ou moleculares, sendo geradas a partir da reação da molécula lipídica com o oxigênio na presença de catalisadores, são instáveis e reagem com diversos compostos e estruturas celulares, no caso dos produtos de origem animal reagem com os lipídios e pigmentos (BRUM, 2009).

Os Radicais livres atacam moléculas estáveis e sequestram seus elétrons, a molécula que perdeu seu elétron torna-se ela mesma um radical livre, iniciando assim a reação em cadeia.

Na natureza existem duas importantes substâncias que podem gerar radicais livres: o oxigênio no estado fundamental (O_2) e o óxido nítrico (NO), que ocorre como poluente atmosférico, mas que também é sintetizado em diversas células (ROVER JUNIOR; HÖEHR; VELLASCO, 2001). O oxigênio pode dar origem a diversas substâncias reativas ao oxigênio (SRO), que incluem radicais livres como superóxido (O_2^-) ou o hidroxil (OH.), e espécies não radicalares tais como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ácido hipocloroso (HClO) e ozônio (O_3).

Quando o oxigênio no estado fundamental absorve energia, forma uma espécie eletronicamente excitada chamada oxigênio singlete (1O_2) (BRUM, 2009), que pode ser gerada pelos fagócitos por indução luminosa, por reações catalisadas por peroxidases, entre outros fatores, segundo Caetano (2009) difere do oxigênio molecular por não apresentar restrição na transferência de elétrons, o que o torna altamente reativo, causando danos às proteínas devido à oxidação de grupos essenciais de aminoácidos, ainda conforme o autor outra via de formação de substâncias reativas de oxigênio (SRO), consiste na redução uni eletrônica do oxigênio à água, na qual a entrada de quatro elétrons na molécula de oxigênio promove o aparecimento do radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila ($OH^{\cdot-}$), intermediários parcialmente reduzidos do oxigênio molecular.

O problema está quando o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) recebe mais um elétron, proveniente normalmente do cobre ou do ferro dando origem ao radical hidroxila que entre as espécies radicalares conhecidas, é uma das mais reativas, já que necessita somente de mais um elétron para se estabilizar (ROVER JUNIOR; HÖEHR; VELLASCO, 2001).

Observa-se que a produção dos primeiros radicais livres necessários para iniciar a propagação da reação, obtêm-se através da decomposição de um hidroperóxido através um agente catalisador podendo este ser metálico e/ou pela exposição à luz (FENNEMA, 1996).

Na carne é o principal processo pelo qual ocorre perda de sua qualidade e de seus produtos, depois da deterioração microbiana. Além da alteração de odor e gosto, ela está relacionada também com a oxidação dos pigmentos da carne, provocando perda de cor.

Alguns fatores afetam o processo de oxidação, entre eles, fatores ambientais (umidade, temperatura, luz e oxigênio), presença de metais (cobre, ferro e manganês), enzimas e pigmentos (PINO, 2005).

2.1.6 Oxidação – Mecanismo de Reação

O processo de oxidação é tradicionalmente descrito (Figura 2) como uma reação em cadeia constituída por três fases distintas: início, propagação e terminação.

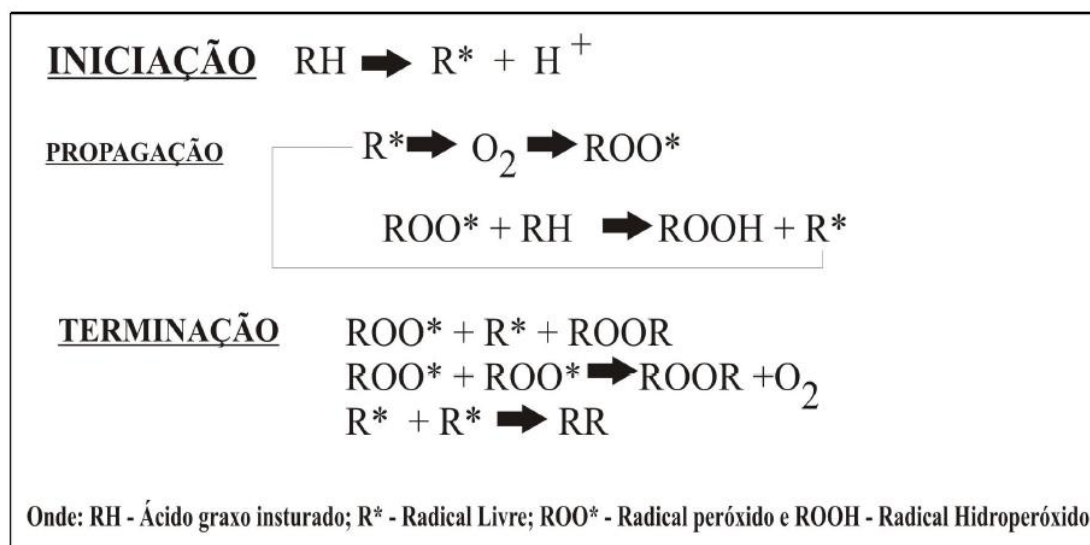


Figura 2 - Esquema geral do mecanismo de oxidação lipídica.
Fonte: Ramalho e Jorge (2006).

Na iniciação, um radical livre, R^* , é formado por ação dos agentes oxidantes, que promovem a abstração de um átomo de hidrogênio da molécula de um ácido graxo em condições favorecidas pela luz e calor. Isso ocorre pela interação com o oxigênio na presença de iniciadores, os quais podem ser: luz, calor, radiação, íons metálicos e metalo-proteínas (GUILLÉN-SANS; GUZMÁN-CHOZAS, 1998). Assim o radical livre (R^*) reage rapidamente com o oxigênio formando um radical peróxido. Esta fase apresenta um consumo baixo de oxigênio que aumenta lentamente, uma baixa concentração de peróxidos, não ocorrem alterações sensoriais e aumenta a concentração de radicais livres (BOBBIO, 2001).

Na fase de propagação, o radical livre R^* , pode reagir com o O_2 formando um radical peróxido. Este, por sua vez, reage com um triglicerídio ou um ácido graxo livre produzindo hidroperóxidos e um novo radical livre, reiniciando todo o processo, como produtos primários da reação obtêm-se os radicais peróxidos (ROO^*) enquanto sua concentração cresce rapidamente (BOBBIO, 2001).

Os radicais peróxidos abstraem rapidamente átomos de H dos grupos metilênicos de outros ácidos graxos insaturados formando hidroperóxidos ($ROOH$) e novos radicais livres.

Os novos radicais livres reagem com o oxigênio e a reação se torna cíclica, quando ocorre o aumento dos peróxidos e de produtos de sua degradação. Nesta fase tornam-se perceptíveis o odor e sabor de ranço, os quais tendem a aumentar rapidamente provocado pelos produtos de decomposição dos hidroperóxidos (TRINDADE, 2007).

A propagação só cessa com a reação de terminação. A fase de terminação é o estágio onde os radicais livres começam a reagir entre si formando espécies não-radicaais estáveis (produtos secundários de oxidação) obtidos por cisão e rearranjo de peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis) (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

O consumo de oxigênio tende a cair e diminuir a concentração de peróxidos. Nesta fase é perceptível intenso odor e sabor de ranço, alterações na cor dos produtos e em sua textura (relacionada à fração lipídica por sua composição estar alterada). Outra via da oxidação ocorre na presença de oxigênio *singlete* (1O_2), molécula de oxigênio que recebeu energia que tem dois elétrons emparelhados e um orbital vazio, o qual na presença de um ácido graxo insaturado irá formar um

hidroperóxido pela introdução direta de O₂ em um dos carbonos da ligação dupla do ácido graxo (BOBBIO, 2001; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; TRINDADE, 2007).

A fase de terminação é a mais crítica, por ocasião do processamento, manuseio, moagem, trituração, cozimento e estocagem, determinando o rompimento da membrana celular, potencializado pela adição de água, adição de sal, temperatura, liberação de ferro, presença de oxigênio, ação microbiológica (OLIVO, 2006).

2.2 Qualidade microbiológica da carne

Segundo Franco e Landgraf (2004), a quantidade e tipo de microrganismos que se desenvolvem na carne dependerão das condições de abate, estresse do animal, evisceração correta, entre outros.

Forsythe et al. (2002) também observaram que a validade comercial depende da microbiota inicial do produto, ou seja, quanto maior a carga inicial, menor a validade devido ao aumento da atividade microbiana.

Aberle et al. (2001) relataram que em virtude de um pH mais alto da carne, a deterioração é mais fácil de ocorrer pelo desenvolvimento de bactérias proteolíticas. Segundo Witter (1961), o grupo de psicotróficos inclui bactérias Gram negativas, não esporuladas e sensíveis ao calor, as quais têm sido estudadas ao longo do tempo. De acordo com o IDF (1976), o termo psicotrófico é reservado para aquelas bactérias que apresentam temperaturas ótimas de crescimento entre 20 e 40 °C, mas que podem crescer em temperaturas abaixo de 7 °C.

Franco e Landgraf (2004) descreveram os microrganismos psicotrófilos como aqueles capazes de se multiplicar em alimentos mantidos entre 0° e 7°C sendo sua temperatura ótima para multiplicação superior a 20°C. No entanto, Lawrie (2005) descreveu que a multiplicação bacteriana cessa nas carcaças congeladas.

Cousin et al. (2001) relacionaram que a contagem das bactérias psicotrófilas é importante para vários alimentos. Os gêneros mais encontrados são *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Cytophaga*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Serratia* e *Vibrio*. Algumas bactérias são Gram positivas como *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium* e

Micrococcus. Dentre estas, várias são responsáveis pela diminuição da validade comercial de alimentos e consequente deterioração.

Bomar (1985) classificou a carne segundo a contagem superficial de bactérias aeróbias mesófilas em: boa (até $3,5 \times 10^6$ UFC/g), tolerável (até $3,5 \times 10^7$ UFC/g) e imprópria (superior a $3,5 \times 10^7$).

Em temperaturas de resfriamento sob condições aeróbias, a microbiota deteriorante da carne é dominada por *Pseudomonas* spp. e em condições anaeróbias pelos lactobacilos (LAWRIE, 2005).

Em bovinos Puga et al. (1999) detectaram no músculo *Tríceps brachii* eletricamente estimulado, tenderizado, injetado e maturado por até 14 dias contagens de bactérias aeróbias mesófilas entre $3,9 \times 10^2$ UFC/g e $4,7 \times 10^2$ UFC/g e contagens de bactérias aeróbias psicrófilas entre $7,0 \times 10^2$ e $6,5 \times 10^5$ UFC/g.

Thayer et al. (1993) constataram que não houve contagem de bactérias aeróbias e anaeróbias mesófilas e psicrófilas em amostras de carne suína moída irradiada embalada a vácuo mantidas sob refrigeração.

O emprego de ácidos orgânicos e de outros agentes antimicrobianos na descontaminação de carcaças é controverso. Atualmente, já é adotado pelos Estados Unidos e Canadá apresentando legislações específicas que determinam as substâncias e doses permitidas. Nos países da União Européia e no Brasil a descontaminação de carcaças é proibida devido à possível toxicidade dos ácidos e por poderem mascarar falhas nos programas de qualidade, o que resultaria no descuido das práticas sanitárias obrigatórias, até então adotadas durante e após o abate.

Apesar da proibição dessa prática no Brasil, pesquisas apontam indícios de sua utilização em larga escala em frigoríficos brasileiros, porém nenhum estudo científico foi conduzido com o objetivo de comprovar o uso de descontaminação de carcaças, de avaliar as alterações organolépticas e nutricionais da carne, determinar proporções seguras dessas soluções descontaminantes e sua eficácia, bem como avaliar toxicidade e agravos à saúde pública.

Apesar da eficácia antimicrobiana dos ácidos orgânicos ser amplamente pesquisada há décadas, existe uma significativa escassez de dados quanto a esses efeitos durante o processamento industrial e em alta escala. A maioria das pesquisas foi conduzida com de inoculação experimental, utilizando-se carcaças ou cortes cárneos artificialmente inoculados com culturas puras de patógenos, com

objetivos voltados à avaliação dos efeitos antimicrobianos e sobre as propriedades organolépticas da carne e como estes são alterados pelas tecnologias de abate e técnicas de descontaminação.

Nos Estados Unidos, o princípio da técnica de lavagem de meias carcaças foi alterado pela adição de substâncias à solução de aspersão de carcaças, que passou a agir como descontaminante (BELL et al., 1997) e em 1982, a utilização de ácido acético na descontaminação de carcaças foi autorizada oficialmente (USDA, 1982). Relata-se, ainda, o uso de vinagre, bicarbonato de sódio, ácido acético e cítrico, peróxido de hidrogênio e cloro na descontaminação de carcaças e sanificação de equipamentos (KARAPIRAN; GONUL, 1982). Esses procedimentos foram adotados empiricamente pelos abatedouros norte-americanos, desconhecendo-se concentrações ideais e ação específica sobre a microbiota da carne fresca (BELL et al., 1997).

Em 2000, o emprego de uma grande variedade de tratamentos de descontaminação de carcaças em matadouros-frigoríficos dos Estados Unidos já era habitual durante o processo de abate de bovinos (BACON et al., 2000). No Canadá, a autorização de importação de carnes norte-americanas submetidas à descontaminação por ácidos orgânicos ocorreu antes mesmo da legalização desta prática pela indústria cárnea canadense. Entretanto, mesmo após o emprego de ácidos láctico e acético ser aprovado como procedimento emergencial na descontaminação de carcaças, essa prática não foi adotada pela indústria canadense. Isso se deve ao fato de que o estabelecimento para ser autorizado a utilizar os ácidos orgânicos devia apresentar uma complexa documentação que deveria comprovar adaptações de instalações, equipamentos e detalhar as etapas de sua implantação na indústria (SMULDERS; GREER, 1998).

O emprego de ácidos orgânicos na descontaminação de carcaças foi adotado por um curto período por matadouros-frigoríficos de exportação na Austrália, mas sua utilização foi interrompida em 1997, devido aos efeitos corrosivos apresentados (SMULDERS; GREER, 1998).

Nos países da União Européia, a utilização de ácidos orgânicos para descontaminação de carcaças bovinas não é admitida, permitindo-se apenas a lavagem com água potável. O emprego de métodos descontaminantes como irradiação, ácidos orgânicos, compostos alcalinos bem como águas hipercloreada e

quente é admitido apenas em abatedouros de frangos e deve ser autorizado pelo Comitê Científico Veterinário (EU, 1996).

No Brasil, a utilização de ácidos orgânicos na descontaminação de carcaças não é permitida (BRASIL, 1998). Vários são os fatores que limitam a eficácia dos ácidos orgânicos como inibidores microbianos em alimentos, dentre os quais se destacam os relacionados aos ácidos, ao tecido muscular, à microbiota da carne, à tecnologia de abate e à técnica de descontaminação (SMULDERS; GREER, 1998).

O pKa da maioria dos ácidos orgânicos empregados na descontaminação de carcaças se encontra na faixa de 3 a 5. Assim, quanto menor o pH de um alimento, menor é a ocorrência de dissociação de moléculas e maior sua atividade antimicrobiana (ICMSF, 1980), sendo esta última atribuída tanto à diminuição do pH do produto para valores inferiores aos de crescimento dos microrganismos, quanto à ação de moléculas não-dissociadas.

Alguns ácidos em estado não-dissociado são muito solúveis nas membranas celulares bacterianas, inibindo seu crescimento ao interferirem na permeabilidade celular, impedindo o transporte de substâncias e a fosforilação oxidativa do sistema transportador de elétrons. Além disso, as moléculas não-dissociadas, ao penetrarem na célula, se dissociam e acidificam o meio, inativando enzimas e provocando a lise celular (SMULDERS; GREER, 1998).

A ação dos ácidos orgânicos varia de acordo com a composição da carne. Em carcaças com menor cobertura de gordura, eles são absorvidos pelo tecido muscular e conjuntivo, o que reduz significativamente sua atividade antimicrobiana (SMULDERS; GREER, 1998).

O ácido, ao reduzir o pH do meio, aumenta a fase lag do microrganismo sensível, podendo resultar em sua morte ou em injúria celular. A severidade da injúria celular bacteriana, que se reflete em sua capacidade de regeneração, é influenciada principalmente pela concentração do ácido e capacidade tampoadora do alimento (SMULDERS et al., 1986).

Os ácidos orgânicos podem ser ineficazes quando de contaminação inicial elevada ou diante de microrganismos capazes de utilizá-los como fonte de carbono (ICMSF, 1980). Além disso, existe uma grande variedade de bactérias resistentes aos ácidos, dentre as quais os lactobacilos, as bactérias esporuladas, *Salmonella*, *E. coli* e *L. monocytogenes* são exemplos importantes de microrganismos ácido-resistentes (STOPFORTH et al., 2003).

Segundo Dorsa et al. (1997) e Jay (2005), os resultados controversos de estudos laboratoriais e a forma de aplicação de ácidos e/ou agentes antimicrobianos realizada nas indústrias é indicativa de extrapolação imprópria e emprego dos resultados científicos de forma inadequada, existindo a necessidade de condução de estudos comparativos adequados dos tratamentos com ácidos e da avaliação dos efeitos a longo prazo sobre a qualidade da carne e toxicidade, ainda desconhecidos atualmente.

Os ácidos orgânicos não apresentam aceitação unânime pelos diferentes países, sendo a utilização de procedimentos de descontaminação bastante polêmica, principalmente pelos países da União Européia, cujas autoridades sanitárias não permitem a adoção de qualquer um desses processos ou métodos de descontaminação em carnes frescas, sendo permitida somente a utilização de água potável. No que se refere ao abate de frangos, o uso de tratamentos utilizando irradiação, ácidos orgânicos, compostos alcalinos, água hiperclorada, água quente ou vapor já foi cogitado (EU, 1996).

Dentre os pontos considerados na avaliação da descontaminação de carcaças por ácidos orgânicos, geram preocupações o mecanismo de ação dessas substâncias, dentre outras propriedades, a aprovação como aditivo alimentar, os aspectos referentes à geração de resíduos no alimento, riscos de formação de compostos tóxicos, modificações na microbiota selvagem da carne, impactos ambientais e riscos para segurança dos trabalhadores.

O ácido acético e seus sais são extremamente eficazes como acidificantes e conservadores, sendo muito utilizados com este propósito. DAKIN (1957) relatou que apenas os *Acetobacter* sp., alguns fungos, leveduras e bactérias lácticas eram resistentes a esses compostos. A presença de 1-2% de ácido acético seria suficiente para eliminar e inibir os microrganismos da superfície da carne, exceto quando de péssimas condições de abate, sendo possível a permanência de microrganismos ácido-tolerantes (ICMSF, 1980).

O ácido acético é comumente utilizado em associação ao peróxido de hidrogênio, o que potencializa de forma acentuada a sua ação antimicrobiana e esporicida. Este composto é denominado de ácido peracético. Porém, acentuam-se as características corrosivas e tóxicas dessas duas substâncias e o uso de peróxido de hidrogênio em alimentos foi proibido devido às suas características cancerígenas (van NETTEN et al., 1997).

Rauecker et al. (2005), realizaram testes para detecção de agentes antimicrobianos, através da avaliação da inibição do crescimento de uma cepa de referência de *Bacillus cereus*. Após a embebição de discos de papel de filtro no exsudato cárneo, estes foram dispostos em placas de Petri contendo ágar Baird Parker inoculado com uma suspensão correspondente à diluição de número cinco da escala de MacFarland.

A incubação foi realizada a 37°C/48h e a leitura consistiram na determinação dos diâmetros dos halos de inibição, tendo sido verificados halos com diâmetro médio de 30 mm em cinco amostras. Estas análises foram conclusivas quanto à demonstração da presença de substâncias antimicrobianas nos cortes cárneos analisados, o que implica em algumas complicações. Adicionalmente, ao se considerar que em carnes normais o pH mínimo é de 5,5, devido ao próprio valor do pH alcançado bloquear a atividade das enzimas glicolíticas responsáveis pelo abaixamento do pH no período “*post mortem*” (LAWRIE, 1966), os valores verificados só se justificam com base em acidificação artificial.

Os efeitos bactericidas e bacteriostáticos do ácido láctico são conhecidos desde a antiguidade, sendo a fermentação de alimentos uma das formas mais antigas de prevenção de deterioração (SMULDERS et al., 1986). Os ácidos acéticos e lácticos não são capazes de promover reduções iniciais nos aeróbios totais maiores que os determinados apenas pela água. No entanto, o que se destaca são os efeitos antimicrobianos dos ácidos orgânicos até 21 dias após a aplicação por aspersão em cortes cárneos bovinos estocado a vácuo. Esses efeitos em carnes embaladas a vácuo foram confirmados para *E coli* O157:H7, *L. innocua* e *C. perfringens* (DORSA et al., 1997).

Uma das possíveis consequências da descontaminação de carcaças em indústrias cárneas é o impacto sobre a microbiota natural da carne. O aumento da umidade no interior da indústria, ocasionado pela emissão de aerossóis da solução descontaminante, possibilita a colonização e disseminação das bactérias que estavam presentes nas carcaças para a planta da indústria e equipamentos (HOOD; ZOTTOLA, 1997).

É inevitável que ocorra mistura entre a solução descontaminante, contendo ácidos orgânicos, e o exsudato cárneo que escorre das carcaças. Com isso, microrganismos presentes na carcaça, e que foram removidos mecanicamente pela ação da água, sofrem a atuação dos ácidos orgânicos, induzindo o aparecimento de

microrganismos ácido-resistentes (SAMELIS et al. 2001, 2002). Nessas condições, pode ocorrer o desenvolvimento de um biofilme composto por microrganismos que sofreram a ação dos ácidos orgânicos e se tornaram resistentes. A adaptação de *E. coli* O157:H7 ao meio ácido, com aumento de sua capacidade de sobrevivência, assim como cepas ácido-resistentes de *L. monocytogenes*, isoladas de carcaças bovinas submetidas a descontaminação (GAHAN, 1996)

Há uma preocupação quanto à descontaminação com ácidos orgânicos poder resultar na emergência de patógenos que tenham se tornado tolerantes. O papel dos fatores ambientais que influenciam na sensibilidade e tolerância bacteriana aos ácidos também é bastante discutido (ROWBURY, 1995).

Resultados de van Netten et al. (1997) mostraram que geralmente as enterobactérias mesofílicas são mais resistentes aos ácidos orgânicos, comparativamente a outros patógenos.

A susceptibilidade de *E. coli* O157:H7 aos ácidos orgânicos em diferentes cortes cárneos utilizando ácidos em concentrações distintas e aplicação por diferentes métodos foi avaliada por vários autores. Independente do tipo de carne, das concentrações e dos ácidos utilizados, os resultados demonstraram eficácia limitada sobre o crescimento da bactéria, com reduções inferiores a um ciclo logarítmico de crescimento, excetuando-se os dados de Cutter e Siragusa (1994), que obtiveram reduções de um a dois ciclos ao utilizarem lavagem de carcaças em escala piloto.

A resistência apresentada pela *E. coli* O157:H7 aos ácidos orgânicos pode ser atribuída, possivelmente, a algumas propriedades intrínsecas desta bactéria ou ao tipo de adesão aos tecidos cárneos (SMULDERS; GREER, 1998). Sabe-se que bactérias aderidas são mais resistentes aos agentes sanitizantes e foi sugerido que a aderência da *E. coli* O157:H7 ocorra através de sua ligação ao colágeno, sendo este o mecanismo de aderência apresentado (FRATAMICO et al., 1996). Uma vez aderida, a enxaguagem com soluções diluídas de ácido não é eficiente para remover a bactéria ou reduzir os níveis de sobrevivência na superfície das carnes (SMULDERS; GREER, 1998).

A diversidade de dados disponíveis na literatura sobre a eficácia dos ácidos orgânicos na descontaminação e as divergências freqüentemente verificadas entre diferentes autores chamam atenção para os cuidados necessários durante tais interpretações e também para as extrapolações de resultados obtidos nas mais

variáveis condições experimentais, devendo-se, inclusive, atentar para a utilização de controles apropriados nesses estudos.

De uma forma geral, as bactérias psicrotróficas deteriorantes da carne, assim como os patógenos psicrotróficos nela presentes, são mais sensíveis aos ácidos orgânicos que os patógenos entéricos, devendo-se ressaltar que os *Lactobacillus* usualmente apresentam maior resistência (OUATTARA et al., 1997; GREER; DILTS, 1995).

2.3 Métodos para controlar a contaminação inicial da carne suína

2.3.1 Ácidos Orgânicos

Os ácidos orgânicos podem estar naturalmente presentes como componentes do alimento (JAMES, 2005; THERON; LUES, 2007) ou podem ser adicionados diretamente ou indiretamente nos produtos (THERON; LUES, 2007).

Eles existem em duas formas básicas, como ácidos puros ou ácidos tamponados. Nos ácidos puros estão inclusos os ácidos láctico, propiônico, acético, cítrico e benzóico enquanto que os sais de cálcio e sódio dos ácidos propiônicos, acético, cítrico e benzóico são ácidos orgânicos tamponados (THERON; LUES, 2007).

Como um grupo de produtos químicos, os ácidos orgânicos são considerados quaisquer ácidos orgânicos carboxílicos, incluindo ácidos graxos e os ácidos aminados, que possui a seguinte estrutura geral: R-COOH (DIBNER; BUTIN 2002).

Ambos, ácido acético e láctico têm sido os ácidos orgânicos mais amplamente estudados e seu uso como ácidos orgânicos fracos, particularmente vem sendo objeto de grande interesse na redução da carga bacteriana da carne fresca (SILVA, 1999a; JAMES, 2005), e de acordo com Prasai et al. (1992) o ácido láctico exerce tanto efeito bactericida, imediatamente após a sua aplicação, como efeito bacteriostático, de ação prolongada, para a extensão da vida útil das carnes.

Na verdade, a ácidos orgânicos associados com a atividade antimicrobiana são ácidos de cadeia curta (C1-C7) e são simples ácidos monocarboxílicos tais como ácidos fórmico, acético, propiônico e butírico, ou são ácidos carboxílicos tendo

um grupo hidroxila (normalmente no carbono α), tais como lático, málico, ácidos tartárico e cítrico (DIBNER; BUTIN 2002).

O ácido acético e lático são recomendados como sanitizantes em carcaças de animais abatidos para consumo humano, pelo fato de sua toxicidade ser alta contra os microrganismos e baixa contra os humanos (SILVA, 1999a).

O ácido cítrico auxilia na preservação da cor, sabor e odor das carcaças e, com esses benefícios, as indústrias processadoras o tem utilizado em suas operações industriais de abate (NOGUEIRA, 2003).

A ação antimicrobiana desses ácidos resulta de sua ação lipofílica, onde os íons hidrogênio (forma não dissociada do ácido) penetram a membrana celular do microrganismo, acidificando o seu interior, inibindo assim o transporte de nutrientes. Apenas os ácidos orgânicos lipolíticos apresentam essa atividade (SILVA, 1999a).

O espectro de ação dos ácidos se baseia no efeito antimicrobiano devido à acidez em si (queda do pH extracelular) e o efeito antimicrobiano específico devido à forma não dissociada (SILVA, 1999a).

Os ácidos orgânicos, caracterizados como ácidos fracos e de cadeia curta, são amplamente distribuídos na natureza. Alguns deles podem ser formados por meio da fermentação de carboidratos predominantemente no intestino grosso de suínos e outros no metabolismo intermediário. Alguns são encontrados na forma de sais, apresentando menor odor indesejável e maior facilidade de manuseio na fabricação das rações por serem sólidos menos voláteis e menos corrosivos (COSTA; MIYADA, 2011).

Os ácidos orgânicos são regulamentados pelo Departamento de Alimentos e Medicamentos dos EUA (*Food and Drug Administration – FDA*) e são, de modo geral, reconhecidos como seguros (*Generally Recognized as Safe - GRAS*) para serem utilizados em produtos cárneos (MANI-LÓPEZ et al., 2012).

Os ácidos orgânicos foram primeiramente usados como efetivos conservantes. Sua ação bacteriostática primária (inibição ou retardamento do crescimento de cepas selecionadas) ocorre pela redução do pH e pela capacidade de se dissociarem, em função do pH do meio e do pKa do ácido (COSTA; MIYADA, 2011).

Os sais de alguns destes ácidos também têm sido demonstrado possuir algum desempenho benéfico. Outros ácidos, tais como os ácidos sórbico e fumárico, possuem alguma atividade antifúngica e são de cadeia ácidos carboxílicos de cadeia

curta contendo dupla ligação. Os ácidos orgânicos são ácidos fracos e são apenas parcialmente dissociados. A maior parte dos ácidos orgânicos que possuem atividade antimicrobiana, tem um pKa (constante de dissociação) – pH no qual o ácido é metade dissociado – entre 3 e 5 (DIBNER; BUTIN 2002).

Os ácidos orgânicos têm uma longa história de serem utilizados como aditivos alimentares e conservantes para evitar a deterioração dos alimentos e aumentar a vida útil de perecíveis ingredientes alimentares. Específicos ácidos orgânicos têm também sido utilizados para controlar a contaminação microbiana e a disseminação de doenças veiculadas por alimentos no campo e produção pós-campo e processamento de alimentos (RICKE, 2003).

O mecanismo antibacteriano dos ácidos orgânicos não são completamente compreendidos, e a atividade pode variar dependendo do estado fisiológico dos organismos e as características físico-químicas do ambiente externo. Um problema potencial emergente é que os ácidos orgânicos podem potencializar a adaptação dos patógenos a um baixo pH, e como consequência tornarem-se mais toleráveis ao ácido; dessa forma, aumentaria sua virulência (RICKE, 2003).

O efeito dos ácidos orgânicos dependem de dois fatores principais, o efeito do pH e o nível de dissociação do ácido. Além disso, é conhecido que o efeito bacteriano do ácido láctico varia dependendo da concentração do ácido, da temperatura da solução, do método utilizado e do tempo de aplicação (TAMBLYN; CORNER, 1997).

A eficiência dos ácidos orgânicos sobre bactérias patogênicas depende de seu tempo de exposição, da concentração e do ácido utilizado, da composição da dieta basal e da idade do animal. Bactérias gram-negativas são sensíveis aos ácidos com número de carbonos inferior a oito e bactérias gram-positivas são mais sensíveis quanto maior o comprimento da cadeia carbônica dos ácidos (COSTA; MIYADA, 2011).

O uso de ácidos orgânicos e de sua eficácia requer mais conhecimento geral e também específico de uma potencial resposta dos agentes patogênicos de origem alimentar. Desenvolvimento e aplicação de ferramentas moleculares para estudar o comportamento dos patógenos na produção de alimentos nos diferentes ambientes permitirá o acompanhamento da regulação bacteriana envolvida na resposta aos ácidos orgânicos. Isto pode levar ao desenvolvimento de mais estratégias para controlar patógenos de origem alimentar com estes ácidos (RICKE, 2003).

Ao longo dos últimos 10 anos, os estudos referentes aos sais de ácidos láctico e acético em soluções mostraram ser eficazes inibidores microbianos. Muitos estudos tentaram determinar a razão de ácidos orgânicos e seus sais trabalharem para inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e deterioradores (JENSEN et al., 2003).

Há muitos ácidos orgânicos comercialmente disponíveis e seus efeitos em diferentes concentrações, temperaturas e misturas de muitos destes têm sido estudados na microbiota da carne. Os ácidos orgânicos são relativamente baratos porque são os principais produtos de muitas reações de fermentação natural (JAMES, 2005).

Os ácidos orgânicos são altamente efetivos para a descontaminação de superfícies de carnes e parecem ser seguros, simples, eficientes e baratos, por isso podem ser recomendados para serem utilizados em escala industrial (SMULDERS; GREER, 1998; RAFTARI et al., 2009).

Özdemir e seus colaboradores (2006) utilizaram em seu estudo 1 e 2% de ácido láctico a 24-25 °C e água quente a 82°C e verificaram que ambos os tratamentos reduziram *S. Typhimurium* and *L. Monocytogenes*.

O uso associado dos ácidos possui ação mais eficaz contra os microrganismos deterioradores e patogênicos, do que o seu uso isolado (MELLO, 1992), e o uso de diferentes tecnologias, como a descontaminação da superfície de carnes pelo vapor e pelo uso de ácido láctico aumenta sua vida útil (PIPEK et al., 2005). O efeito combinado de tratamentos para a descontaminação de carcaças está associado à teoria/tecnologia dos obstáculos.

Essa teoria é muito utilizada em países industrializados, bem como nos países em desenvolvimento para a preservação eficaz de alimentos (LEISTNER, 2000).

Anteriormente, tecnologia de obstáculos, isto é, uma combinação de métodos de preservação, foi utilizada empiricamente, sem muito conhecimento dos seus princípios. Há aproximadamente 20 anos, a aplicação coerente da tecnologia de obstáculos, tornou-se mais prevalente, por causa do conhecimento dos fatores principais para conservação de alimentos (temperatura, pH, atividade de água, potencial de oxido-redução, microbiota competitiva), e suas interações.

Recentemente, a influência dos métodos de conservação dos alimentos sobre a fisiologia e comportamento dos microrganismos nos alimentos, é levada em

consideração, e o novo conceito de preservação de alimentos pelos efeitos de múltiplos obstáculos é utilizado (LEISTNER, 2000)

2.3.2 Uso de ácidos orgânicos para a descontaminação da pele de animais

Estudos sobre os efeitos de tratamentos microbiológicos descontaminantes rotineiramente aplicados nas carcaças bovinas em abatedouros, indicam que a lavagem dos animais pode reduzir o número de bactérias entéricas que poderiam ser transferidas do couro para a carne. A pulverização com 2% de ácido láctico, 2% de ácido acético, ou 200 ppm de ácido peracético pode reduzir os números de microrganismos aeróbios e *E. coli* em aproximadamente 1 ciclo log, mas tais tratamentos podem ser ineficazes se as soluções forem aplicadas em quantidades insuficientes/inadequadas ou a superfícies de carne permanecerem excessivamente molhadas após a lavagem (GILL, 2009), e complementando, Lilly e seus colaboradores (2011) explicam que reduzindo a presença de *Salmonella* antes do abate pode auxiliar na redução da presença de *Salmonella* nas carcaças pós-abate.

A descontaminação de carcaças com outras substâncias, exceto água potável, não são atualmente permitidas na União Europeia, mas ainda podem ser permitido algumas substâncias, desde que seja realizada uma avaliação de risco pela Comissão de Segurança Alimentar da Europa (*European Food Safety Authority – EFSA*). O regulamento da União Europeia não menciona especificamente a descontaminação do couro de animais, por isso não há nenhuma razão para a não utilização de um método de descontaminação de peles não comestíveis de animais. Nos Estados Unidos, tratamentos de descontaminação do couro são permitidas e usados em vários abatedouros de grande porte (ANTIC et al., 2011).

Em contraste, até muito recentemente, as autoridades regulatórias da União Europeia consideraram que o processamento seguindo normas de higiene, deve ser suficiente para assegurar a qualidade microbiológica da carcaça e da carne, e que introdução de tratamentos de descontaminação de carcaça poderia levar um risco importante por parte dos produtores que contam com essas intervenções, reduzindo assim os seus esforços para manterem os animais limpos. No entanto, o novo Regulamento de Higiene Alimentar da União Europeia, em princípio, permite a

utilização de descontaminação no abate, após análise adequada e aprovação dos tratamentos por parte das autoridades reguladoras (ANTIC et al., 2010).

Carlson e seus colaboradores (2008a) inocularam *E. coli* O157: H7 na pele de bovinos, para posteriormente descontaminar pela pulverização com 10% de ácido acético (23 a 55°C), 10% de ácido láctico (23 a 55°C), 3% de hidróxido de sódio (23°C) ou 4 a 5% metassilicato de sódio (23°C). Todos os agentes antimicrobianos foram avaliados de forma independente depois de terem sido aplicados isoladamente, sendo aplicados após uma lavagem com água, ou sendo seguidos por um enxágue com água.

Tratamentos antimicrobianos seguidos por uma lavagem com água reduziu a contagem de *E. coli* O157: H7 0,6-2,4 log UFC/cm² e resultou em couros com um pH de superfície de 6,3 a 9,2. Os tratamentos em que uma lavagem com água foi seguido pela aplicação antimicrobiana reduziram as contagens de *E. coli* O157: H7 de 1,5-5,1 log UFC/cm² mas resultou em peles com um pH de superfície de 3,9 a 10,5. Carlson e seus colaboradores (2008b) também avaliaram o tratamento do couro com ácido acético, ácido láctico, hidróxido de sódio e metassilicato de sódio seguidos por lavagem com água. Foram avaliados contagem bacteriana total, contagem de coliformes totais e contagem de *E. coli*. De maneira geral, todos os antimicrobianos utilizados apresentaram eficácia significativa para a redução de *E. coli*, entretanto, apenas os ácidos láctico e acético, é que apresentaram reduções nas contagem bacteriana total e coliformes totais. Dessa forma concluíram que o uso desses antimicrobianos pode ser utilizado para reduzir a contaminação microbiológica de couros bovinos, e conseqüentemente reduzir a transferência da contaminação para o ambiente das plantas de processamento e/ou para as carcaças.

2.3.3 Uso de ácidos orgânicos para a descontaminação de carcaças

Os ácidos orgânicos apresentam considerável uso enquanto conservantes de alimentos, uma vez que também são ingredientes alimentares e, muitas vezes produzidos naturalmente por microrganismos. No entanto, os dados são limitados sobre os seus efeitos na prática comercial, e apesar de aprovação regulamentar, os

ácidos orgânicos não são amplamente aceitos para a descontaminação de carne (THERON; LUES, 2007).

Em seus estudos SILVA (1999a) observou que o tratamento realizado pela aspersão da solução de ácidos orgânicos (ácidos acético, láctico, cítrico e ascórbico – 2; 1; 0,25; 0,1%, respectivamente) em carne bovina apresentou eficiência no controle microbiano e não afetou as qualidades sensoriais da carne.

Smulders e Greer (1998) explicam que existem consideráveis artigos os quais relatam a eficácia antibacteriana de soluções diluídas de ácidos orgânicos (principalmente ácido láctico e acético), apresentando redução da carga microbiana em até 1,5 ciclos log quando realizada a descontaminação de superfícies de carcaças. Ainda expõem que a descontaminação de carcaças pode não melhorar eficientemente a segurança alimentar tão bem quanto a descontaminação ácida dos cortes primários para varejo.

Gill e Landers (2003) avaliaram, dentre outros, o tratamento com a pulverização e lavagem de carcaças não evisceradas com 2% de ácido láctico, e encontraram redução de 1 ciclo log na contagem de microrganismos aeróbios totais, em relação às carcaças não tratadas; porém eles esclarecem que essa redução foi encontrada em 1 abatedouro dentre os 4 avaliados, e mesmo assim a redução só foi efetiva para aeróbios e não para contagens de coliformes e *E. coli*.

Uma vantagem da utilização dos ácidos orgânicos sobre outras estratégias de intervenção para redução da contaminação é que a atividade antimicrobiana residual permanece por longos períodos durante o armazenamento. Os estudos também apresentam a eficácia dos ácidos orgânicos quanto ao microrganismo como *Yersinia enterocolitica*, que apresenta bastante sensibilidade ao tratamento ácido, enquanto que outros patógenos são mais resistentes, como *E. coli* O157: H7 (SMULDERS; GREER, 1998).

Cudjoe (1988) encontrou em seus estudos que carcaças pulverizadas com 1% de ácido láctico causaram significativa redução na contagem total de bactérias viáveis, aumentando em pelo menos um dia a vida útil de carnes que foram posteriormente estocadas a 15 e 20°C e em pelo menos três dias aquelas estocadas a 4°C.

Yang e seus colaboradores (2012) em suas pesquisas, concluíram que as contagens microbianas foram reduzidas por meio da lavagem das carcaças não evisceradas, mas aumentou após as operações de evisceração.

Smulders e Greer, 1998, esclarecem que soluções diluídas de ácidos orgânicos (1 a 3%) não produzem efeitos indesejáveis nas propriedades sensoriais do carne, quando utilizados como um descontaminante de carcaça. No entanto, dependendo das condições do tratamento, ácido láctico e acético pode produzir alterações sensoriais adversos quando aplicados diretamente aos cortes de carne, com as mudanças irreversíveis na aparência.

Por esta razão, os possíveis efeitos do tratamento de descontaminação sobre a cor da superfície das carcaças devem ser cuidadosamente considerados, pois parecem ser um fator limitante para o uso do tratamento: os pigmentos heme podem desnaturar e oxidar (PIPEK et al., 2005; MANI-LÓPEZ et al., 2012).

2.4 Irradiação de alimentos

2.4.1 O processo de irradiação de alimentos

A irradiação é considerada um eficiente processo de conservação de alimentos, quando comparado com outros, sendo ainda relativamente pouco divulgado. Este processo foi extensivamente investigado em relação à sua eficácia e segurança por mais de 500 trabalhos científicos, desenvolvidos em vários países por mais de 50 anos (ICGFI, 1999). Entretanto, para Vital (2000) há necessidade de mais pesquisa, divulgação e esforços multi-institucionais coordenados visando à implantação de um programa nacional de irradiação de alimentos adequado as reais condições e necessidades brasileiras, pois o processo é alvo de muitos preconceitos e ataques sem fundamentação científica ocasionada pelo desconhecimento.

Para Ordóñez et al.(2005) quando devidamente realizado, através de doses pré determinadas e em condições controladas, esse processo é o responsável pelo aumento do prazo de vida comercial de inúmeros produtos, tornando-os mais viáveis economicamente, sem ocasionar efeitos nocivos.

Importante aliada em potencial no combate ao desperdício e à fome, a irradiação constitui em atraente método alternativo, seguro e eficiente. É capaz de prolongar a vida útil e melhorar a qualidade de vários produtos, além de apresentar-

se como opção para reduzir perdas pós-colheita e aumentar a qualidade higiênica e competitividade de muitos produtos alimentícios brasileiros no mercado internacional (FREITA, 2005).

A irradiação é comprovadamente eficaz na conservação de vários tipos de produtos alimentícios já embalados ou a granel, eliminando agentes patogênicos, insetos e parasitas e reduzindo a carga microbiana, constituída por bactérias e fungos, que contribui para a deterioração precoce de alimentos. A segurança dessa tecnologia, seja sob o ponto de vista toxicológico, físico, químico, biológico ou nutricional, tem sido assegurada há décadas pelas IAEA, FAO e FDA e por mais de cinquenta outras instituições internacionais de controle alimentar (SATIN, 2002).

Para Farkas (1998) o processo é muitas vezes comparado à pasteurização, pois é capaz de eliminar patógenos sem aumentar significativamente a temperatura dos alimentos tratados.

Assim como a pasteurização é um método amplamente utilizado e aceito para conservar alimentos líquidos, a irradiação é a alternativa viável e eficiente para alimentos de consistência sólida e condimentos diversos.

No entanto, deve ser ressaltado que, assim como ocorre com outros processos de inativação microbiana, como a pasteurização, a irradiação não reverte a deterioração do alimento. Portanto, faz-se necessária a adoção de boas práticas de manuseio em todas as etapas: antes, durante e após a irradiação, visando garantir a eficácia do tratamento e a qualidade higiênica dos alimentos irradiados (SATIN, 2002). Cabe ressaltar que somente alimentos saudáveis, portanto em boas condições para o consumo, podem ser irradiados, como prevêm as normas de boas práticas (VITAL, 2002).

Ao reduzir a ação de microrganismos e enzimas responsáveis pela deterioração precoce dos alimentos, o processo melhora a qualidade sanitária dos produtos, muitas vezes, prolongando significativamente sua vida útil. O alimento irradiado não se torna radioativo, pois não entra em contato com a fonte de radiação, tornando-se mais seguro para o consumo; e permanecendo saboroso, nutritivo e com boa aparência por um período, em geral, significativamente mais longo que aqueles tratados convencionalmente (HERNANDES et al., 2003).

Dentre as vantagens da irradiação sobre outros processos de conservação de alimentos, podem ser citadas: permite que o alimento seja tratado sua embalagem final; reduz ou mesmo elimina o uso de conservantes químicos; age uniformemente

em todo o volume do alimento sem prejuízo de suas barreiras naturais de proteção; não produz resíduos tóxicos e não causa perdas nutricionais por elevação de temperatura (FREITA, 2005; URBAIN, 1986).

As temperaturas médias elevadas, típicas do clima tropical, favorecem uma degeneração mais rápida dos produtos alimentícios brasileiros, quando comparadas as temperaturas médias da maioria dos países frios do Hemisfério Norte e, mesmo assim observa-se que o processo da irradiação de alimentos ainda é pouco divulgado, compreendido e utilizado no Brasil, sendo ainda escassas as informações científicas. O conhecimento das possíveis alterações sensoriais e fisiológicas para diferentes tipos de alimentos e diferentes doses é especialmente relevante à aplicabilidade da irradiação de alimentos em consonância com a legislação para torná-los atraentes e saborosos (FREITA, 2005).

A legislação brasileira de irradiação de alimentos, Brasil (2001), exige que na rotulagem de alimentos irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos não irradiados, deve constar no painel principal: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) da letra de maior tamanho dos outros dizeres da rotulagem.

2.4.2 Irradiação X Microrganismos

Apesar de inúmeros esforços para minimizar a contaminação de alimentos, há uma tendência ao aumento do número de casos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) causadas por diversas bactérias. A radiação ionizante nas doses de 2 a 7kGy, dependendo do tipo de alimento, pode eliminar efetivamente bactérias potencialmente patogênicas elevando o prazo de vida comercial dos alimentos (FARKAS, 1998).

Ao absorver a radiação ionizante, os componentes celulares sofrem alterações que podem comprometer sua atividade. Dentre essas alterações, as mais importantes são as relacionadas à membrana celular, afetando a transferência de substâncias entre os meios intra e extracelular como danos às enzimas, efeitos na síntese de DNA e RNA, alterações no metabolismo energético através da redução

da fosforilação e na composição do DNA afetando suas funções, notadamente a reprodução celular. O elemento mais sensível à radiação é o DNA cromossômico, principalmente devido a seu tamanho e grande nível de complexidade (URBAIN, 1986).

A série de fenômenos que podem acarretar tais alterações biológicas e a morte celular é iniciada pela excitação ou ionização do ácido nucleico, rompendo ligações químicas e dissociando moléculas de suas bases nitrogenadas, constituindo os efeitos diretos da radiação (DIEHL, 1990; URBAIN, 1986).

Em alguns casos, a radiação pode não causar a destruição celular e sim alterar seu conteúdo de forma que, ao se reproduzirem, surjam células diferentes das normais, com isso a resistência, característica de algumas células à irradiação e a outros tratamentos de conservação, relaciona-se com sua capacidade de auto-regeneração, isto é, reparação dos danos sofridos (DIEHL, 1990; WHO, 1988).

Diehl (1990) complementou mencionando que a sensibilidade de um organismo à radiação ionizante está diretamente relacionada com o peso molecular do DNA, porém a energia considerada suficiente para inativar microrganismos é, geralmente, insuficiente para causar alterações significativas no alimento. Portanto, a radiação pode ser considerada como seletiva, por apresentar efeito danoso sobre a desestruturação de células microbianas, sem ocasionar danos equivalentes no alimento (URBAIN, 1986).

Pollard (1966) mencionou que para microrganismos uma dose de 0,1 kGy produz danos na ordem de 2,8% do DNA, porcentagem considerada letal para a maioria das bactérias (uma pequena parte sobreviveria), 0,14% de alterações nas enzimas, algo dificilmente detectado por análises delicadas e 0,005% dos aminoácidos, alteração que de tão pequena é considerada indetectável.

A sensibilidade bacteriana à radiação é medida através da dose D10, correspondente a dose necessária para matar 90% da população. Geralmente, doses intermediárias (entre 3 e 7 kGy) são utilizadas para eliminação de bactérias patogênicas não esporuladas em produtos de origem animal, além disso, bactérias Gram-negativas, geralmente são mais sensíveis à radiação que as Gram-positivas e os esporos ainda mais resistentes, pois são mais primitivos e apresentam menor teor de água, praticamente não sofrendo os efeitos do processo (DIEHL, 1990; OLSON, 1998).

Segundo Hutzler (1997) a radiação ionizante age sobre as bactérias através da lesão de seus ácidos nucléicos, estando sua eliminação relacionada à intensidade da dose empregada. As mais sensíveis já são destruídas a 2kGy, enquanto para os mais resistentes, são exigidas doses maiores como de 50 kGy para serem inativadas.

Para Farkas (1998) e Patterson et al.(1993) a radiação promove o aumento do prazo de vida comercial dos alimentos, não só por eliminar parte da contaminação bacteriológica, como por causar danos nas células sobreviventes aumentando sua sensibilidade para outros fatores utilizados na conservação, fazendo com que sejam destruídas com mais facilidade até que tenham condições de retomarem sua fase de multiplicação, isto é, atuando em sinergismo.

Como por exemplo, a *Salmonella* capaz de sobreviver em carne irradiada com doses de radiação entre 1 a 3kGy, contudo foi eliminada rapidamente quando submetidas a temperatura de 0-2°C e apresentou menor taxa de multiplicação quando exposta a temperatura de 8-10°C durante armazenamento, Por isso, foram sugeridas combinações de radiação com congelamento ou com embalagem de atmosfera modificada ou com tratamentos térmicos.

Enquanto para Lacroix e Quatara (2000) baixas doses de radiação, entre 2 e 3kGy, são extremamente efetivas para a redução de *Salmonella* em carne e produtos avícolas, pois quando presente, ocorre em baixos níveis. Para Lamulka et al. (1992) a dose de 2,5kGy conferiu a eliminação completa desta bactéria em carcaças de frango.

Para Javanmard et al. (no prelo) a *E. coli* pode ser eliminada com dose de 2kGy, não apresentando recuperação das células danificadas pela radiação na carne de frango. Enquanto para Kanatt et al.(no prelo) *Staphylococcus* spp. são completamente eliminados a 2kGy.

Farkas (1998) enfatizou que a irradiação não apresenta efeito persistente devendo ser prevenidas todas às formas de contaminação posterior à aplicação do processo.

2.5 Radiação ultravioleta

A luz ultravioleta é comumente utilizada na indústria de alimentos para os materiais de embalagens ou água (BINTSIS; LITOPOULOU-TZANETAKI; ROBINSON, 2000). Para o uso em carcaças, a profundidades de penetração é limitada (devido às dobras de pele e folículos pilosos), além de que se deve considerar o impacto sobre a oxidação de gordura. Wong, Linton e Gerrard (1998) investigaram a eficácia antibacteriana da luz UV sobre a pele de porco em condições inoculadas em laboratório, e verificaram que dependendo da intensidade aplicada de luz UV (entre 20 e 1000 μWcm^{-2}) há redução de *E.coli* por 0,1 e 3,3 logUFC.cm⁻² e 0,7 e 4,6 logUFC.cm⁻², respectivamente.

O processamento térmico constitui-se no tratamento mais eficaz para controle microbiano em alimentos, uma vez que pode resultar na esterilização. No entanto, não é aplicável para alguns produtos (GUEDES, 2009).

Daí, o crescente interesse no uso de outros métodos físicos para descontaminação de alimentos, seja na superfície de sólidos ou no volume de líquidos (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005; GUEDES, 2009).

Alguns processos não térmicos vêm sendo aplicados para a preservação de alimentos sem causar os efeitos adversos do uso do calor. Um desses processos é a irradiação de alimentos com luz ultravioleta de ondas curtas (UV-C), que tem sido bastante estudada por sua eficiência na inativação microbiológica em água e superfície de diversos materiais (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005).

Os primeiros equipamentos comerciais de ultravioleta (UV) foram produzidos para as indústrias farmacêuticas e de aquicultura em razão de não utilizarem substâncias químicas para a descontaminação. Depois, surgiu o interesse para a utilização desses equipamentos nas indústrias de alimentos e bebidas. Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas nessas áreas com o intuito de avaliar o efeito letal (a resposta microbiológica) de UV-C e as eventuais alterações nas características sensoriais dos produtos (GUEDES, 2009). Essa tendência vem acompanhando a demanda do consumidor por produtos que preservem suas características sensoriais originais, mas que recebam tratamento mínimo para garantir sua segurança microbiológica e estabilidade.

O efeito germicida da radiação ultravioleta foi detectado pela primeira vez em 1878, mas as primeiras unidades de processamento foram construídas em 1955 na Suíça e na Áustria (AGUIAR et al., 2002).

A radiação ultravioleta exerce efeitos biológicos e bioquímicos, com diversas aplicações no processamento de alimentos. Sua primeira aplicação ocorreu no tratamento de água e se estendeu para sucos, pois avanços em estudos permitiram sua aprovação pelo *Food and Drug Administration* (FDA).

Durante a década de 1930, a irradiação por UV foi usada em leite para aumentar o teor de vitamina D. Em 1935, aproximadamente 35 milhões de americanos consumiam leite irradiado. Mais da metade da produção de leite evaporado (um milhão de toneladas de leite fluido) era irradiada. Em 1996, passou-se a utilizar mais a radiação de raios γ (SATIN, 1996). Diversos estudos têm sido feitos sobre a redução de patógenos em leite de cabra não pasteurizado utilizado para a produção de queijo (GUEDES, 2009).

Os efeitos biológicos da radiação UV derivam da excitação e não da ionização de moléculas (KAREL; LUND, 2003). A energia, meio germicida, não fornece radioatividade residual como a radiação ionizante (radiação gama).

No comprimento de onda germicida, a radiação UV-C é suficiente para causar deslocamento físico de elétrons e quebra de ligações no ácido desoxirribonucleico (DNA) dos microrganismos. Isso altera seu metabolismo e reprodução, ou seja, a injúria aos sistemas de reprodução das células as leva à morte (GUERRERO-BELTRÁN; BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

A radiação UV apresenta baixo comprimento de onda e intensa energia, assim como a energia de uma ligação química e a de um fóton, capaz de provocar sérias consequências fisiológicas como, por exemplo, a inativação do DNA, que é vital às funções metabólicas e reprodutivas de microrganismos (BALL, 2007).

Aplicações da radiação UV são observadas no processamento de carnes vermelhas e peixes; em carne vermelha obteve-se 97% de redução, com o emprego de $275 \mu\text{Wcm}^{-2}$ por 60 segundos. Reduções de 2 a 3 ciclos logarítmicos podem ser esperadas se a carne for irradiada com $275 \mu\text{Wcm}^{-2}$ por 15 minutos antes do resfriamento e congelamento (STERMER et al., 1987).

Em carcaças, músculos e pele de porcos, há relatos de 2 logaritmos de redução de microbiota na pele e 1,5 ciclo logarítmico em músculo, empregando $500 \mu\text{Wcm}^{-2}$ (WONG et al., 1998), pesquisa mostra pequena redução da microbiota

presente na superfície de carcaça de frangos; esta baixa redução provavelmente ocorre devido à rugosidade da superfície, o que dificulta a ação da radiação UV (WALLNER-PENDLETON, 1994).

3 ARTIGOS

- **Artigo 1:** Descontaminação de cortes suínos com ácidos orgânicos comerciais, solução salina acidificada e luz ultravioleta.

Artigo publicado na revista **SEMINA AGRARIA** (mai/jun, 2013).

- **Artigo 2:** Utilização de irradiação UV-C, ácidos orgânicos e solução salina acidificada para aumentar a vida útil da carne suína.

Artigo nas normas da revista **Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos – CEPPA**

- **Artigo 3:** Parâmetros físico-químicos de corte suíno submetidos à irradiação ultravioleta-C, ácidos orgânicos e solução salina.

Artigo nas normas da revista Química Nova (Online)

- **Artigo 4:** Effect of UV-C radiation and organic acids in the commercial validity of frozen pork meat.

Artigo nas normas da revista ***Journal of Pure and Applied Microbiology.***

3.1 Artigo 1: Descontaminação de cortes suínos com ácidos orgânicos comerciais, solução salina acidificada e luz ultravioleta

DECONTAMINATION PIG CARCASSES OF ORGANIC ACIDS WITH COMMERCIAL AND SALINE ACIDIFIED ULTRAVIOLET LIGHT

Eliane Maria De Carli; Nelcindo Nascimento Terra; Leadir Lucy Martins Fries;
Cristiano Ragagnin de Menezes; Simone Canabarro Palezi

Artigo publicado na revista SEMINA AGRARIA - Recebido para publicação 05/10/12
Aprovado em 04/12/12. Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1195-1204, mai./jun.
2013.

Resumo

Em virtude da falta de um melhor controle sanitário durante sua produção, a carne suína tem sido responsável por um elevado número de surtos de toxinfecções alimentares. Com o objetivo de reduzir a contaminação inicial e aumentar a vida de prateleira da carne suína, foram realizados nove tratamentos com misturas de ácidos orgânicos, solução salina acidificada, exposição a luz ultravioleta e água a 80°C, durante 30 dias de estocagem. Foram realizadas contagens de microrganismos aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes totais e fecais, *salmonella*, determinação do pH e do número de TBA e avaliação sensorial. Evidenciou um expressivo controle microbiológico dos cortes de barriga suína, com mistura de ácidos orgânicos, seguidos da exposição a luz ultravioleta por 1 minuto. Em relação ao pH os tratamentos em que foram adicionados a mistura de ácidos orgânicos T2 e T3 apresentaram diferença dos demais tratamentos com exceção do controle. As soluções de ácidos orgânicos não alteraram as características sensoriais da carne suína assada.

Palavras-chave: cortes suínos, sanitização, ácidos orgânicos comerciais, solução salina acidificada e luz ultravioleta.

Abstract

Because of the lack of a better sanitary control during production, pork has been responsible for a large number of outbreaks of food poisoning. Aiming to reduce the contamination and increase the shelf life of pork were performed nine treatments with mixtures of organic acids, acidified saline, exposure to ultraviolet light and water at 80°C during 30 days of storage. Counts were performed aerobic mesophilic, psychrotrophic, total and fecal coliforms, *salmonella*, pH determination and the number of TBA and sensory evaluation. Showed a substantial microbiological control of cuts of pork belly, with a mixture of organic acids, followed by exposure to ultraviolet light for 1 minute. Regarding the pH treatments that were added to the mixture of organic acids T2 and T3 differ from other treatments except the control. The solutions of organic acids did not affect the sensory characteristics of pork roast.

Key words: housing, sanitation, commercial organic acids, acidified saline and ultraviolet light.

Introdução

A carne suína é a mais consumida mundialmente, devido seu elevado valor nutritivo e atributos sensoriais. O Brasil é o quarto maior produtor e exportador de carne suína. Para atender as exigências do mercado e evitar toxiiinfecções ocasionadas pelo consumo de produtos contaminados o sistema de biossegurança, de qualidade e segurança alimentar vem sendo aprimorado (SILVA, 2006).

O complexo agroindustrial da carne suína instalado no Brasil tem enfrentado nos últimos anos barreiras que estão dificultando ou restringindo as exportações. O principal entrave são as alegações de ordem sanitária (LUCENA, 2007).

A contaminação microbiana pode ser a principal responsável tanto por perdas econômicas, provocadas pela deterioração da carne, como também problemas ligados à saúde do consumidor. Reduzir ou eliminar a incidência desses contaminantes é o que vem buscando a pesquisa integrada à indústria (JAY, 2005).

A utilização de agentes químicos na sanitização de carcaças de animais recém-abatidos, destinados ao consumo humano, tem sido exaustivamente estudada, na busca de reduzir a presença de microrganismos patogênicos e deteriorantes. Alguns destes agentes de sanitização são os ácidos orgânicos, os quais podem ser empregados para diminuir a contaminação microbiana, através da aspensão nas carcaças de animais recém-abatidos (DREHMER, 2005).

A utilização de ácidos fracos, particularmente os ácidos láctico e acético, vem sendo objeto de grande interesse na redução da carga bacteriana da carne fresca. O ácido láctico exerce tanto efeito bactericida, imediatamente após sua aplicação, como efeito bacteriostático, de ação prolongada, na extensão da vida de prateleira da carne (DICKSON, 1988).

A sanitização com luz ultravioleta é comumente utilizada na indústria de alimentos para o uso em carcaças, mas, a profundidades de penetração é limitada (devido às dobras de pele e folículos pilosos), além de que se deve considerar o impacto sobre a oxidação de gordura (STERMER et al., 1987).

Aplicações da radiação UV são observadas no processamento de carnes vermelha, peixes, em carne vermelha obteve-se 97% de redução, com o emprego de 275 μWcm^{-2} por 60 segundos. Reduções de 2 a 3 ciclos logarítmicos podem ser esperadas se a carne for irradiada com 275 μWcm^{-2} por 15 minutos antes do resfriamento e congelamento (STERMER et al., 1987).

Material e métodos

Foram selecionadas aleatoriamente 30 cortes de barriga suína contida na câmara de resfriamento de um frigorífico da região Oeste de Santa Catarina. Foram realizados os seguintes tratamentos: Controle (C); T1: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) (T1); T2: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); T3: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) (T3); T4: Solução salina acidificada a 0,6%; T5: Solução salina acidificada 1%; T6: Aplicação de água à 80°C; T7: Aplicação de luz ultravioleta por 1 minuto, 30W de potência; T8: Aplicação de luz ultravioleta por 3 minutos, 30W de potência;

Os cortes de barriga suína foram armazenados em embalagens plásticas comuns, sob temperatura de refrigeração à 4°C ($\pm 0,5$).

As análises microbiológicas de aeróbios mesófilos, psicotróficos e coliformes totais e termotolerantes e *Salmonella*, foram realizadas nos dias 0, 5, 10 e 15 e 20 dias, com duas repetições e em duplicata, no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos da Universidade do Oeste de Santa Catarina, em São Miguel do Oeste, SC. Para preparação das amostras foram coletadas duas alíquotas de 25 gramas do corte, e homogeneizadas com 90 mL de água peptonada (0,1%), em Bag Mixer, por 2 minutos. Após homogeneização serão feitas as diluições sucessivas, utilizando-se água peptonada 0,1% e após, foi pipetado alíquotas de 1 mL de inóculo em placas de Petrifilm 3M. Após, as placas foram incubadas, com temperatura própria de cada análise, devidamente identificadas. Método Oficial AOAC® 990.12/3M.

O pH foi determinado na superfície da barriga suína, antes dos tratamentos e em intervalos coincidentes com as demais análises, utilizando-se potenciômetro portátil Ingold Mod. WTW pH 91, com eletrodo de vidro apropriado para determinações de pH em superfícies.

O índice de TBA (Ácido 2-Tiobarbitúrico), foi determinado pelo método proposto por Raharjo et al., (1992) modificado, descrito a seguir: foram coletadas duas amostras de 10 gramas de carne as quais foram adicionadas 40 mL de ácido tricloroacético 5% mais 1 mL de do antioxidante BHT. As amostras foram

homogeneizadas por 1 minuto e a seguir foram filtradas e o volume ajustado para 50 mL em balão volumétrico com ácido tricloroacético 5%, do filtrado foram retirados com pipeta volumétrica alíquotas de 2 mL e colocados em tubo de ensaio (2 tubos para cada balão). Após foram adicionados 2 mL do reagente de TBA 0,08 Molar em ácido acético 50%. Após este procedimento as amostras foram levadas para o banho-maria fervente por 5 minutos. As leituras foram obtidas em transmitância através de um espectrofotômetro de chama à 531 nanômetros. Os valores foram expressos em miligramas de malonaldeído/Kg de amostra.

As análises sensoriais das amostras de barriga suína foram realizadas utilizando-se uma prova de aceitação descrita por Dutcosky (1996), na qual as amostras foram apresentadas a um grupo de provadores não treinados. Todos os provadores, antes de realizarem a análise sensorial assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que anterior ao início da pesquisa foi submetido a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa – Universidade do Oeste de Santa Catarina. As carnes foram assadas em forno convencional, à temperatura de 200°C, por 60 minutos. As análises foram realizadas aos 0 (zero) e 7 dias após a aplicação dos ácidos.

A exposição a luz ultravioleta no corte suíno (barriga) foi por meio de uma câmara ultravioleta cedida pelo Departamento de Ciência e Tecnologia de alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, com intensidade de 30 watts de potência por 1 e 3 minutos.

Resultados e discussão

Todas as amostras analisadas no dia zero apresentaram, contagens iniciais acima de 10^3 UFC.g⁻¹, confirmando resultados obtidos por Gill & Jones (1996), onde cortes de carne suína apresentaram uma contagem inicial de aproximadamente de 10^3 UFC/cm², geralmente formada por bactérias deteriorantes, sendo principalmente *Pseudomonas* e *enterobactérias*.

Baseado nos resultados apresentados da tabela 1 pode-se observar que para a contagem de aeróbios mesófilos, o tratamento C (controle), diferiu significativamente ($p \geq 0,05$) em relação aos demais tratamentos.

Tabela 1 - Valores médios da contagem de microrganismos aeróbios mesófilos das amostras de barriga suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 4°C.

Tratamentos	Dias de armazenamento*				
	0	5	10	15	20
C	5,26±0,54 ^{a**}	6,65±1,30 ^a	6,87±1,10 ^a	7,45±0,85 ^a	8,10±1,20 ^a
T1	3,25±0,89 ^b	4,50±0,84 ^b	3,80±0,97 ^b	4,60±1,30 ^b	5,02±0,87 ^b
T2	4,32±0,98 ^b	4,78±0,87 ^b	3,70±0,86 ^b	3,80±0,87 ^b	4,90±0,76 ^b
T3	4,53±0,97 ^{ab}	5,80±0,90 ^{ab}	5,20±0,87 ^{ab}	5,47±0,96 ^{ab}	5,90±0,98 ^{ab}
T4	4,59±0,98 ^{ab}	5,80±0,91 ^{ab}	4,66±0,85 ^{ab}	5,60±1,10 ^{ab}	5,98±0,97 ^{ab}
T5	4,74±1,10 ^{ab}	4,80±0,87 ^{ab}	5,06±0,91 ^{ab}	5,87±0,99 ^{ab}	6,20±1,12 ^{ab}
T6	4,58±0,95 ^{ab}	4,80±0,90 ^{ab}	5,89±0,95 ^{ab}	6,07±0,89 ^{ab}	6,90±1,14 ^{ab}
T7	3,50±1,20 ^{ab}	4,58±0,90 ^{ab}	4,67±0,93 ^{ab}	4,90±1,10 ^{ab}	5,20±0,97 ^{ab}
T8	3,26±1,30 ^b	3,69±1,20 ^b	3,89±1,10 ^b	4,85±1,12 ^b	4,94±0,85 ^b

C: controle, **T1:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T2:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T3:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,60 de ácido ascórbico (g/v) + 0,60% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v); **T4:** Solução salina acidificada a 0,6%; **T5:** Solução salina acidificada 1%; **T6:** Aplicação de água à 80°C. **T7:** Aplicação de luz ultravioleta por 1 minuto, 30W de potência; **T8:** Aplicação de luz ultravioleta por 3 minuto, 30W de potência; *Valores apresentados como média ± desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores.

O tratamento C (controle) atingiu no décimo quinto dia de análise, 7,45 log₁₀UFC.g⁻¹, aparecendo odor desagradável, produzido pela presença de alcoóis, cetonas, compostos sulfurados e ésteres voláteis originários do metabolismo das bactérias presentes. Após o vigésimo dia de análise a contagem atingiu de 8,1 log₁₀UFC.g⁻¹, confirmando o relato de (ADANS; MOSS, 1997; CAPITA et al., 1999), que encontraram uma certa limosidade na superfície da carne suína.

Entre os três tratamentos em que se utilizaram ácidos orgânicos, os melhores resultados foram observados nos tratamentos T1 (1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) e T2 (1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) resultado semelhante ao encontrado por Drehmer (2005).

Já os tratamentos T3, T4, T5, não apresentaram diferenças significativas (p ≥ 0,05) em relação aos demais tratamentos T6, T7 e T8, somente diferiu significativamente em relação ao controle.

O resultado da análise dos tratamentos T7 e T8 foram eficazes no controle do crescimento microbiano e não foram observadas diferenças significativas ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos, ou seja, o tempo da ação da luz ultravioleta, não interferiu na eficácia dos tratamentos. (BACHMANN, 1975; SHECHMEISTER, 1991; FLÜCKIGER, 1995) a ação da radiação ultravioleta sobre os microrganismos está relacionada com o comprimento de onda e a absorção deste pelos ácidos nucléicos ou constituintes dos ácidos nucléicos.

O que foi comprovado com os resultados obtidos nos tratamentos T7 e T8, onde provavelmente a ação da radiação ultravioleta, causou danos aos materiais genéticos DNA e RNA dos microrganismos e conseqüentemente controlou o crescimento microbiano.

Ao longo do estudo, pode-se observar que houve um acréscimo de 1,5 ciclos logarítmicos, no tratamento 8 (aplicação de luz ultravioleta por 3 minuto, 30W de potência), do primeiro dia de análise ao vigésimo dia de armazenamento, mostrou ser eficiente na redução de microrganismos em relação aos demais tratamentos com exceção dos tratamentos T1 e T2.

Os dois tratamentos com aplicação de luz ultravioleta (1 e 3 minutos), apresentaram resultados semelhantes aos tratamentos T1 e T2, e diferiram estatisticamente ($p \geq 0,05$), dos demais tratamentos com ácidos orgânicos e solução salina acidificada, principalmente em relação ao controle.

Esses resultados demonstram que os tratamentos T1, T2, T7 e T8 são métodos eficazes no controle do crescimento psicrótróficos e aeróbios mesófilos, tornando-se uma alternativa para controle microbiológico das carcaças suínas nos frigoríficos.

Com relação aos tratamentos T4 e T5 (Solução salina acidificada a 0,6% e T5: Solução salina acidificada 1%, respectivamente), diferiram significativamente ($p \geq 0,05$), em relação ao tratamento controle, e aos tratamentos T6, T7 e T8. A solução salina acidificada, diminuiu em cerca de 2 log em relação ao controle, isso provavelmente aconteceu em função da ação dos íons de Cl^- associados ao ácido cítrico que resulta em uma substância que possui ação oxidante sobre os microrganismos provocando a morte desses.

Os resultados encontrados para estes tratamentos (T4 e T5), demonstram que a concentração de ácido utilizada (20%) pode interferir na eficácia do

tratamento, pois (Gill; Badoni, 2004) verificaram que das carcaças de bovinos refrigerados com cloreto de sódio acidificado, com somente 0,16% w/v de ácido cítrico foi menos eficaz na redução total de bactérias aeróbias ($<0,5 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$), em comparação aos tratamentos com água a 80°C.

As contagens de microrganismos psicrotróficos tiveram um comportamento semelhante às contagens de aeróbios mesófilos, seguindo um mesmo padrão. A amostra C (controle), já no 5º dia de análise apresentou $6,80 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$, após 20 dias a contagem foi de $8,96 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$, observando nítidos sinais de deterioração na carne.

Tabela 2 - Valores médios da contagem de microrganismos psicrotróficos das amostras de carne suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 4°C.

Tratamentos	Dias de armazenamento*				
	0	5	10	15	20
C	$5,07 \pm 0,97^{**}$	$6,80 \pm 0,99^a$	$6,98 \pm 0,89^a$	$7,60 \pm 0,89^a$	$8,02 \pm 0,89^a$
T1	$4,02 \pm 0,98^a$	$4,10 \pm 0,98^a$	$5,20 \pm 0,87^a$	$6,83 \pm 0,98^a$	$7,45 \pm 0,86^a$
T2	$4,01 \pm 0,97^a$	$4,20 \pm 0,86^a$	$5,57 \pm 0,98^a$	$5,80 \pm 0,89^a$	$7,70 \pm 0,97^a$
T3	$3,36 \pm 0,87^a$	$4,68 \pm 0,79^a$	$6,50 \pm 0,91^a$	$6,60 \pm 0,86^a$	$8,44 \pm 0,95^a$
T4	$3,37 \pm 0,86^a$	$5,80 \pm 0,87^a$	$5,98 \pm 0,96^a$	$6,40 \pm 0,89^a$	$8,32 \pm 0,97^a$
T5	$4,23 \pm 0,96^a$	$5,35 \pm 0,84^a$	$6,20 \pm 0,97^a$	$6,90 \pm 0,99^a$	$8,30 \pm 0,86^a$
T6	$3,60 \pm 0,89^a$	$5,20 \pm 0,99^a$	$5,60 \pm 0,86^a$	$5,98 \pm 0,96^a$	$6,20 \pm 0,97^a$
T7	$3,13 \pm 0,95^a$	$4,80 \pm 0,89^a$	$4,96 \pm 0,99^a$	$5,80 \pm 0,89^a$	$6,65 \pm 0,99^a$
T8	$3,06 \pm 0,84^a$	$5,70 \pm 0,95^a$	$6,40 \pm 0,98^a$	$7,20 \pm 0,85^a$	$7,60 \pm 0,98^a$

C: controle, **T1:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T2:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T3:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,60 de ácido ascórbico (g/v) + 0,60% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v); **T4:** Solução salina acidificada a 0,6%; **T5:** Solução salina acidificada 1%; **T6:** Aplicação de água à 80°C. **T7:** Aplicação de luz ultravioleta por 1 minuto, 30W de potência; **T8:** Aplicação de luz ultravioleta por 3 minuto, 30W de potência.*Valores apresentados como média \pm desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os microrganismos psicrotróficos, chegaram à contagem de $5,98 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$, $6,2 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$ e após o 15º e 20º dias após tratamento as contagens foram superiores a $6,5 \log \text{UFC/g}$, atingindo $8,32 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$ e $8,3 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$, respectivamente, nos tratamentos, T4 e T5.

Os melhores resultados foram os apresentados pelos tratamentos T1, T2, T6, T7 e T8, respectivamente. Todos os tratamentos citados, apresentaram resultados variando entre $4,02 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$ no primeiro dia de análise e $6,38 \log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$, no vigésimo dia de análise.

Comparando os resultados obtidos na contagem de bactérias psicotróficas, verifica-se que o processo de descontaminação com luz ultravioleta, foi eficaz, uma vez que diminuiu a microbiota das amostras submetidas à ação de luz ultravioleta 1 minuto e 3 minutos, em relação ao controle e os tratamentos T3 e T4 e T5. Observando os resultados desde o início até o final do período de estocagem, verifica-se que o crescimento bacteriano foi crescente em todos os tratamentos, no entanto pode-se observar que nas amostras T1, T2 tratadas com misturas de ácidos orgânicos e nas amostras T7 e T8 tratadas com luz ultravioleta, a contagem foi reduzida.

Os valores de pH para o controle diferiram significativamente dos demais tratamentos, aumentando com o passar do tempo, atingindo um valor de 7,5 ao término dos 20 dias, isso se deve a ação de enzimas proteolíticas presentes na carne, e ao desenvolvimento de micro-organismos e a ação dos mesmos sobre o produto, concordando com os resultados obtidos por Goetz e Terra (1998), que trabalharam com carcaças de frango resfriadas, tratadas com misturas de ácidos orgânicos e embalagem à vácuo.

Os tratamentos em que foi adicionada a mistura de ácidos orgânicos T2 e T3 apresentaram diferença dos demais tratamentos com exceção do controle, durante o período de avaliação obtendo ao final dos 20 dias um valor de 5,6, enquanto que os tratamentos T4, T5 e T6 não tiveram diferença significativa entre si. Conforme Xavier (1997), os produtos cárneos acidificados pela adição de ácidos orgânicos comestíveis ou pela fermentação natural tem seu pH abaixado, inibindo o crescimento de vários deterioradores, entre eles psicotróficos e aeróbios mesófilos, confirmando os resultados obtidos neste estudo, principalmente nos tratamentos T2 e T3.

Tabela 3 - Valores médios de valores de pH das amostras de corte de barriga suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento 4°C.

Tratamentos	Dias de armazenamento*				
	0	5	10	15	20
C	5,10±0,02 ^{a**}	5,67±0,02 ^a	5,98±0,41 ^a	6,80± 0,04 ^a	7,50±0,01 ^a
T1	4,90±0,50 ^{ab}	5,44±0,02 ^{ab}	5,66±0,28 ^{ab}	5,80± 0,05 ^{ab}	5,93±0,17 ^{ab}
T2	5,03±0,28 ^b	4,64±0,02 ^b	5,10±0,17 ^b	5,13±0,16 ^b	5,60±0,17 ^b
T3	5,70±0,20 ^{ab}	5,06±0,15 ^{ab}	5,23± 0,07 ^{ab}	5,20±0,05 ^{ab}	5,66±0,16 ^{ab}
T4	5,1±0,078 ^{ab}	5,57±0,14 ^{ab}	5,60±0,17 ^{ab}	6,00±0,20 ^{ab}	6,30±0,17 ^{ab}
T5	5,25±0,07 ^{ab}	5,33±0,14 ^{ab}	5,80±0,17 ^{ab}	5,66±0,20 ^{ab}	6,06±0,17 ^{ab}
T6	5,20±0,06 ^{ab}	4,96±0,13 ^{ab}	5,36±0,16 ^{ab}	5,10±0,17 ^{ab}	6,63±0,17 ^{ab}
T7	4,90±0,05 ^{ab}	4,94±0,14 ^{ab}	5,50±0,17 ^{ab}	6,10±0,20 ^{ab}	7,16±0,17 ^a
T8	5,40±0,06 ^{ab}	5,36±0,13 ^{ab}	6,00±0,17 ^{ab}	5,40±0,20 ^{ab}	6,2±0,17 ^{ab}

C: controle, **T1:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T2:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T3:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,60 de ácido ascórbico (g/v) + 0,60% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v); **T4:** Solução salina acidificada a 0,6%; **T5:** Solução salina acidificada 1%; **T6:** Aplicação de água à 80°C. **T7:** Aplicação de luz ultravioleta por 1 minuto, 30W de potência; **T8:** Aplicação de luz ultravioleta por 3 minuto, 30W de potência; *Valores apresentados como média ± desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os tratamentos T7 e T8 obtiveram um resultado ao final de 20 dias de 6,0 e 5,90 respectivamente, confirmando os resultados obtidos pelas análises microbiológicas. Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA, 1980, os limites máximos de pH para consumo é de 6,5, valores acima são considerados como índice de deterioração.

Os valores de pH não foram afetados pela solução de ácidos orgânicos, apresentando-se com valores quase estáveis com pequenas variações, porém os mesmos foram afetados pelo armazenamento, sendo que aos 20 dias de armazenamento, os valores de pH encontravam-se acima dos permitidos pela legislação para consumo, no tratamento controle, apresentando limosidade e coloração esverdeada.

Pode-se identificar o efeito positivo das carcaças que foram aspergidas com a solução de ácidos orgânicos, pois durante os 20 dias de armazenamento não foi detectado aumento significativo, no pH destes cortes, permanecendo quase inalterado durante o período de armazenamento.

O limite para o índice de TBARS que caracteriza o aparecimento de odor desagradável e limosidade característicos de deterioração é de 0,5 – 1,0 mg MA · Kg⁻¹, e a legislação brasileira não apresenta um limite máximo de malonaldeído/kg nas amostras em produtos cárneos (FURTADO, 2007). Os valores encontrados nas análises ficaram entre 0,0293 a 1,380 MA · Kg⁻¹, sendo que a amostra controle foi a que obteve o valor mais elevado, nos 20 dias de armazenamento.

Os valores de TBARS da amostra controle aumentaram no decorrer do período de armazenamento atingindo 1,398 MA · Kg⁻¹ de amostra, no 20º dia de armazenagem. A amostra T3 e T8 apresentaram valores de TBARS inferior ao controle até o 10º dia de análise, posteriormente elevaram-se apresentando no final do período analisado nos 20 dias 1,308 MA · Kg⁻¹, valor que não diferiu do controle. Neste trabalho os tratamentos T2, T4, e T7, apresentaram resultados inferiores aos encontrados no controle, durante o período de armazenamento, abaixo do limite de 0,5 mg MA · Kg⁻¹ para o aparecimento de características desagradáveis, estes resultados demonstram a eficácia dos produtos aspergidos nos tratamentos T2 e T4 e a influência positiva em relação a ação da luz ultravioleta na carcaça exposta a 1 minuto (T7), resultado diferente foi encontrado quando a carcaça foi exposta a luz ultravioleta por 3 minutos (T8).

Tabela 4 - Valores de TBARS das amostras de corte de barriga suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 4°C.

Tratamentos/Dias	Dias de armazenamento				
	0	5	10	15	20
C	0,054±1,13 ^{a**}	0,398±1,10 ^a	0,689±0,99 ^a	0,890±1,20 ^a	1,398±1,10 ^a
T1	0,103±1,12 ^{ab}	0,246±1,20 ^{ab}	0,298±0,98 ^{ab}	0,310±1,10 ^{ab}	0,478±1,21 ^{ab}
T2	0,054±0,98 ^b	0,234±0,97 ^b	0,112±1,10 ^b	0,278±0,99 ^b	0,457±0,99 ^b
T3	0,104±0,97 ^{ab}	0,104±0,98 ^{ab}	0,378±0,98 ^{ab}	0,658±0,98 ^{ab}	1,308±0,98 ^{ab}
T4	0,029±1,12 ^b	0,102±0,89 ^b	0,087±1,20 ^b	0,079±0,89 ^b	0,181±0,99 ^b
T5	0,067±0,76 ^{ab}	0,088±0,91 ^{ab}	0,249±0,95 ^{ab}	0,319±0,87 ^{ab}	0,585±0,93 ^{ab}
T6	0,217±0,95 ^{ab}	0,811±0,86 ^{ab}	0,302±1,30 ^{ab}	0,289±1,30 ^{ab}	0,379±0,97 ^{ab}
T7	0,002±0,99 ^b	0,132±1,14 ^b	0,291±0,99 ^b	0,195±1,02 ^b	0,243±0,87 ^b
T8	0,363±0,89 ^{ab}	0,103±1,20 ^{ab}	0,387±0,96 ^{ab}	0,456±0,89 ^{ab}	1,110±0,91 ^{ab}

C: controle, **T1:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,10% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T2:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v); **T3:** 1% de ácido láctico (v/v) + 0,60 de ácido ascórbico (g/v) + 0,60% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v); **T4:** Solução salina acidificada a 0,6%; **T5:** Solução salina acidificada 1%; **T6:** Aplicação de água à 80°C. **T7:** Aplicação de luz ultravioleta por 1

minuto, 30W de potência; **T8**: Aplicação de luz ultravioleta por 3 minuto, 30W de potência.*Valores apresentados como média \pm desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores.

Magalhães (2006) afirma que a oxidação lipídica não implica efetivamente na vida de prateleira de carnes refrigeradas, conforme foi observado neste estudo. Os resultados T2, T4 e T7, retardaram a oxidação lipídica durante o período de armazenamento mantiveram o produto em condições adequadas para o consumo quanto a oxidação lipídica por maior período que as amostra controle, pois segundo foi exposto por Terra, Cichoski e Freitas (2006) valores de TBARS acima de 1,59 MA \cdot Kg⁻¹ de amostra podem causar danos a saúde do consumidor.

As análises sensoriais das barrigas assadas foram realizadas em relação a aceitabilidade, sendo realizado o teste de aceitabilidade utilizando escala hedônica de nove pontos, onde 9 corresponde a gostei muitíssimo e 1 a desgostei muitíssimo, aplicado a um painel composto por 20 julgadores não treinados.

As amostras que obtiveram diferença significativa como as de maior aceitação em relação ao controle foram as T5, T2 e T6, no primeiro dia de análise. Já após 7 dias de estocagem os tratamentos T1, T3 e T5 obtiveram praticamente a mesma média de aceitação diferindo significativamente dos tratamentos T7 e C. O tratamento T5 (solução salina acidificada 1%), pode ter influenciado a melhor aceitabilidade em função da adição de cloreto de sódio ao tratamento. Conforme Azeredo (2000) sabores estranhos e desagradáveis podem se desenvolver no alimento durante a estocagem, são os chamados *off-flavors*, que levam à rejeição dos produtos pelo consumidor, mesmo que este alimento seja considerado seguro, isso pode ter ocorrido no tratamento controle que obteve a pior nota no dia 0 e 7 dias após o tratamento.

A temperatura e o tempo de armazenagem utilizados no experimento, 4°C durante mais de uma semana, pode ter provocado a maturação das amostras, o que teve influência nos atributos sabor, textura e aceitabilidade das amostras.

De acordo com os resultados obtidos nas análises sensoriais das amostras de barriga suína assadas pode-se dizer que os métodos utilizados para conservá-las

(misturas de ácidos, solução salina acidificada, luz ultravioleta e água a 80°C) tiveram uma interferência positiva nas suas características organolépticas. Dados que estão em conformidade com os encontrados por Drehmer (2005), que após a aspersão de cortes suínos refrigerados com misturas de ácidos orgânicos, não obtiveram influências negativas dos tratamentos sobre as características organolépticas das amostras.

OBS. Não foram encontradas amostras com contaminação por coliformes fecais e por *Salmonella*.

Conclusão

Através dos experimentos realizados neste estudo, concluiu-se que se pode estabelecer novas propostas como alternativa para a indústria cárnea obtendo um maior controle microbiológico sem alterar as características da matéria prima, aumentando a vida de prateleira e desta forma oferecendo ao consumidor um produto de qualidade e comercialmente seguros.

Referências

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; AZEREDO, A. M. C. Embalagens ativas para alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.20, n.3, Campinas, 2000.

BACHMANN, R. Sterilization by intense ultraviolet radiation. **Brown Boveri Review**, v.5, p.206-209, 1975.

DREHMER, A. M. F. **Quebra de peso das carcaças suínas e estudo da vida de prateleira da carne**. 2005. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

DICKSON, J. S. **Reduction of bacteria attached to meat surfaces by washing with selected compounds**. *J. Food Prot.*, v.51, n.11, p.869-873, 1988.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 2.ed. Curitiba: Champagnat, 1996, 239p.

GILL, C.O. & BADONI M. Microbiological and organoleptic qualities of vacuum-packaged ground beef prepared from pasteurized manufacturing beef. **International Journal of Food Microbiology**, v.74, p.111-118, 2004.

GOETZ, H.; TERRA, N. N. Aumento da vida útil de carcaças de frango resfriadas. **Revista Higiene Alimentar**, v.12 n.54, p.51-57, 1998.

JAY, J. M. **Microbiologia Moderna de Los Alimentos**. 3. ed., Zaragoza: Acribia, 2005. 804 p.

LUCENA, R. F. **Isolamento e caracterização de Aeromonas em carcaças suínas**. 2007. 98f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Curso de Pós-graduação em Biotecnologia – Instituto de Biotecnologia, Caxias do Sul, 2007.

MAGALHÃES, A. U. **Avaliação do uso de atmosferas modificadas em porcionados de suínos**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal - RIISPOA. Brasília: 1980. 166p.

SHECHMEISTER, I. L. Sterilization by ultraviolet irradiation. **Desinfection, sterilization and preservation**, 4. Ed. Philadelphia — London: Lea & Febiger, 1991, p. 553-569.

STERMER, R.A., LASATER-SMITH, M., BRASINGTON, C.F. Ultraviolet radiation - An effective bactericide for fresh meat. **Journal of Food Protection**, v. 50, n. 2, p. 108-111, 1987.

TERRA, N. N.; CICHOSKI, A. J.; FREITAS, R. J. S. Valores de nitrito e TBARS durante o processamento e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Revista Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 965-970, 2006.

XAVIER, C. V. A. **Métodos químico e físico para prolongamento da carne de frango refrigerada** – Campinas, SP, 1997.

3.2 Artigo 2: UTILIZAÇÃO DE IRRADIAÇÃO UV-C, ÁCIDOS ORGÂNICOS E SOLUÇÃO SALINA ACIDIFICADA PARA AUMENTAR A VIDA ÚTIL DA CARNE SUÍNA.

Artigo em fase final de revisão pelos autores para ser submetido à revista

Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos – CEPPA – QUALIS - B2
(Configurado conforme as normas da revista)

RESUMO

A contaminação microbiana pode ser a principal responsável tanto por perdas econômicas, provocadas pela deterioração da carne, como também problemas ligados à saúde do consumidor. Reduzir ou eliminar a incidência desses contaminantes é o que vem buscando a pesquisa integrada à indústria. O crescente interesse pela carne suína torna-se cada vez mais importante oferecer ao consumidor um produto seguro, de qualidade e, ao mesmo tempo, com altos valores nutricionais e saborosos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de métodos combinados utilizando diferentes doses e concentrações de irradiação UV-C, ácidos orgânicos, solução salina, na vida útil carne suína refrigerada 2 °C (± 1 °C). Foram utilizadas amostras de carne de trinta e seis suínos, abatidos em um Frigorífico sob Inspeção Federal. Foram realizadas análises microbiológicas de *Salmonella* sp, bactérias aeróbias mesófilas, psicotróficas e coliformes a 35 e 45 °C e pH nos dias zero, 5, 10, 15, 20, 25, 30. Observou-se que o processo de irradiação UV-C, associados a ácidos orgânicos e solução salina acidificada diminuiu significativamente ($p < 0,05$) a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e psicotróficas, nas amostras tratadas em relação às amostras controle, aumentando a vida útil em 15 dias. O pH das amostras tratadas foi significativamente menor ($p < 0,05$) que as amostras controle, influenciando na eliminação das bactérias coliformes durante todo o período de armazenamento. *Salmonella* foi encontrada somente nas amostras controle, nos dias 0, 5 e 15. Os resultados apresentados indicam que a utilização de combinações de ácidos orgânicos e radiação UV-C foram eficientes no controle da microbiota presente na carne suína refrigerada, aumentando com isso a vida útil da mesma em 15 dias.

PALAVRAS-CHAVE: CARNE SUÍNA, VIDA ÚTIL, RADIAÇÃO, ÁCIDOS ORGÂNICOS, SOLUÇÃO SALINA ACIDIFICADA.

ABSTRACT

USE OF RADIATION UV-C, ORGANIC ACIDS AND SALINE ACID TO INCREASE THE LIFE OF PORK MEAT

Microbial contamination can be primarily responsible for economic losses caused by the deterioration of the flesh, as well as problems related to consumer health. To reduce or eliminate the incidence of these contaminants is what industry integrated research has been seeking. With the growing interest in pork, it becomes increasingly important to offer the consumer a safe, quality product, and at the same time, with high nutritional value and tasty. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of combined methods using different doses and concentrations of UV-C irradiation, organic acids, saline solution, in the shelf life of refrigerated pork 2 °C (± 1 °C). Samples of meat from thirty-six pigs slaughtered in a slaughterhouse under Federal Inspection were used. Microbiological analyses of *Salmonella* sp, aerobic mesophilic and psychrotrophic bacteria, and coliforms at 35 and 45 °C and pH on days zero, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 were performed. It was noted that the process of UV-C irradiation, associated with organic acids and acidified saline solution decreased the aerobic psychrotrophic and mesophilic bacteria counts significantly ($p < 0.05$) in the treated samples compared to control samples, increasing shelf life by 15 days. The pH of the treated samples was significantly lower ($p < 0.05$) than the control samples, influencing the removal of bacteria coliforms during the storage period. *Salmonella* was only found in control samples on days 0, 5 and 15. The presented results indicate that the use of combinations of organic acids and UV-C radiation was effective in the control of the microbiota present in the chilled pork, thus increasing its shelf life by 15 days.

KEYWORDS: PORK, SHELF LIFE, RADIATION, ORGANIC ACIDS, ACIDIFIED SALINE SOLUTION.

INTRODUÇÃO

Na economia global, a carne suína tem considerável importância na indústria especializada, visto que os consumidores possuem uma maior capacidade de discriminação e não aceitam produtos de baixa qualidade. É fundamental que essa indústria torne disponíveis produtos compatíveis com a demanda, considerando o desejo da população e a segurança que é fundamental para garantir um mercado consumidor exigente e se adequar aos pré-requisitos dos países importadores. Assim espera-se um aumento na exportação, na produtividade e prestígio da carne suína brasileira junto aos principais produtores do mundo (SOUZA, 2013).

Devido às necessidades mundiais sobre a seguridade dos alimentos e aos problemas advindos do processo de armazenamento e processamento inadequado, houve a crescente busca de novos métodos de preservação dos alimentos (VILLAVICENCIO, 1998).

A utilização de agentes químicos na sanitização de carcaças de animais recém-abatidos, destinados ao consumo humano, tem sido exaustivamente estudada, na busca de reduzir a presença de microrganismos patogênicos e deterioradores (BARUA; SHELEF, 1980). Alguns destes agentes de sanitização são os ácidos orgânicos, os quais podem ser empregados para diminuir a contaminação microbiana, através da aspersão nas carcaças de animais de abate (SILVA; SOARES; COSTA, 2001).

A ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos de forma geral resulta da ação lipofílica durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do microrganismo acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes (SILVA, 1999a). A aspersão de ácidos fracos combinados em carcaças suínas, nas câmaras de resfriamento, pode levar a um aumento da vida de prateleira dos cortes, bem como estes ácidos orgânicos são recomendados pelo fato de possuírem alta toxicidade contra microrganismos e baixa contra seres humanos (DREHMER, 2005).

No entanto, a técnica de irradiação surge então como uma alternativa segura no processo de redução dos microrganismos patogênicos e tem sido empregada em produtos alimentícios bastante diversificados para este fim e também para o aumento de vida de prateleira dos mesmos, já que proporciona a diminuição da contaminação a níveis aceitáveis pela legislação brasileira (FARKAS, 2006). A dose de radiação de carnes deve ser limitada, devido o teor de lipídios, que por efeito da radiação forma componentes diferentes percebidos no sabor, chamado “off-flavor” (LACROIX et al., 2002).

Desta forma, a indústria da carne enfrenta novos desafios através da pesquisa, na busca de novas tecnologias e sistemas que diminuam as perdas econômicas através da deterioração, e garantam produtos mais seguros e com a qualidade desejada pelo consumidor. O objetivo do presente trabalho foi verificar a eficiência da radiação UV-C combinados com ácidos orgânicos e solução salina acidificada, no aumento da vida útil da carne suína refrigerada ($\pm 2^{\circ}\text{C}$). Para tanto foi realizada a contagem de bactérias mesófilas, psicotróficas, *Salmonella* sp e pH.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cortes de pernil de suínos foram fornecidos por um frigorífico da região Oeste de Santa Catarina, Brasil, e transportados acondicionadas em bolsas térmicas até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), onde permaneceram em uma câmara fria, 2°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), até o

momento das análises. Quarenta e nove cortes de pernil suíno foram selecionados aleatoriamente e aspergidas com ácidos orgânicos em diferentes concentrações diluídos com água destilada estéril, aquecida a 80°C. As concentrações (v:v) foram: ácido láctico (1%), ácido ascórbico (0,80%), ácido cítrico (1%) e ácido acético (0,6%). Assim a irradiação foi feita sob as seguintes condições: as amostras foram colocadas sobre um suporte preto, sendo que a altura do suporte preto mais a amostra correspondeu a 10 cm (distância base de vidro-detector). Foi feita uma marcação de 20 cm no suporte preto referente ao diâmetro pré-estabelecido, sendo as amostras somente colocadas nesse intervalo e, antes da aplicação da radiação UV-C, as lâmpadas foram estabilizadas por 5 minutos. As amostras então foram irradiadas por 4 minutos e 7 minutos, com doses de 5,4KJ/m² e 9,46 KJ/m², respectivamente. Depois de irradiadas as amostras foram embaladas, individualmente, em sacos plásticos identificados e mantidas em câmara fria, 2 °C ($\pm 1^\circ\text{C}$), até os respectivos dias de análises. Logo, foram realizados os seguintes tratamentos: Controle (C); T1: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (m/v) + 1% de ácido cítrico (m/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T1); T2: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (m/v) + 1% de ácido cítrico (m/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (T2); T3: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (m/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T3). T4: Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (T4); T5: radiação UV-C 5,4 KJ (T5); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (T6).

Foram realizadas análises de contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes totais e fecais e *Salmonella* sp, segundo a metodologia descrita por Lanara (2003). As análises foram realizadas com 3 repetições e as placas em triplicata. Os resultados para microrganismos aeróbios mesófilos, psicrotróficos e coliformes foram expressos em log UFC/g e para *Salmonella* sp ausência e presença.

O pH foi determinado pelo método descrito por Terra e Brum (1988) utilizando potenciômetro digital, marca Digimed, contendo eletrodo de vidro combinado, previamente calibrado com soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0.

As leituras foram feitas após cinco minutos de imersão do eletrodo. As análises foram realizadas logo após a aplicação dos tratamentos e a cada 5 dias de armazenamento das amostras, por um período 30 dias.

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas no aplicativo IBM SPSS 20.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução das contagens de bactérias aeróbias mesófilas em amostras de carne suína resfriada, suína submetida aos diferentes ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante 30 dias de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) (Tabela 1).

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos no dia 0 (zero). O tratamento controle (C) diferiu significativamente dos demais tratamentos, a partir do quinto dia de armazenamento, apresentando valor de 5,9 log UFC/g já aos 10 dias de armazenamento, enquanto que as amostras tratadas apresentaram esse valor aos 25 dias, aumentando assim a vida útil do produto em 15 dias. Segundo Franco & Landgraf (1996), odores desagradáveis em carne resfriada começam a ser notadas quando a contagem bacteriana atinge aproximadamente 6,4 log UFC/g.

A redução significativa ($p < 0,05$) na contagem de microrganismos aeróbios mesófilos observados pela aplicação de ácidos orgânicos e solução salina, combinados ou não com a irradiação UV-C (tabela 1) foi de aproximadamente 2 a 3 ciclos log, durante todo o período de armazenamento, quando comparado à amostra controle, demonstrando com isso a eficiência dos tratamentos durante os 30 dias de armazenamento.

Segundo a Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos, o limite máximo aceitável para bactérias mesófilas aeróbias em carne *in natura* é de 7 log UFC/cm² (ICMSF, 1986). Considerando esse dado, pode-se afirmar que os métodos utilizados neste trabalho (tabela 1), com o propósito de reduzir a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e conseqüentemente aumentar a vida útil da carne suína, mostraram-se mais eficientes até os 30 dias de armazenamento enquanto que o controle já aos 15 dias apresentou essa contagem.

Segundo Roça & Serrano (1995), a deterioração da carne tem seu início quando as contagens microrganismos aeróbios mesófilos estão na faixa de 10⁶ log UFC/g, com descoloração da superfície. Entre 10⁷ e 10⁸ log UFC/g, surgem odores estranhos, entre 10⁸ e 10⁹ log UFC/g, ocorrem alterações indesejáveis de sabor, e em contagens por volta de 10⁹ log UFC/g, aparece o limo superficial.

Os resultados do presente trabalho também corroboram com os resultados obtidos por Narasimha e Sreenivasamurthy (1977), Pushpa et al. (1990) e Chawla (1999), que trabalharam com carne suína irradiada por 2,7 KJ e conservada sob refrigeração entre 0 e 3°C. Observaram que as amostras tratadas apresentaram validade comercial de cerca de quatro semanas, em relação a amostras não irradiadas e estocadas sob as mesmas temperaturas, que apresentaram uma validade comercial de cerca de duas semanas.

Mello (1992), buscando aumentar a vida de prateleira de carcaças de frango resfriadas a 5°C, emergiu as mesmas em soluções de ácido ascórbico/lático/e sorbato de potássio/ acetato de sódio/ cloreto de sódio, e observou redução na contagem microbiana sem alterar suas características organolépticas. A aplicação de radiação UV-C de 5,4 KJ associada a ácidos orgânicos (T1) ou com solução salina (T4) (tabela 2), com valores aproximados de 6 log UFC aos 25 dias de armazenamento, quando as outras amostras tratadas apresentaram-se no limite para o aparecimento dos odores indesejáveis. Fu, Sebraneck e Murrano (1995a) estudando a qualidade microbiológica da carne de lombo de porco, proveniente de carcaças borrifadas com soluções de 1,5% de ácido lático, ácido cítrico e ácido ascórbico, embaladas a vácuo e, armazenada entre 0 e 2°C por 42 dias, verificaram que o ácido ascórbico e cítrico mostraram inicialmente um decréscimo na contagem de psicotróficos. Este efeito, porém não continuou depois de 14 dias de estocagem das amostras embaladas a vácuo e, depois de 42 dias, a contagem de psicotróficos foi acima de 6 ciclos logaritmos, condição considerado inaceitável na carne.

A ação antimicrobiana destes ácidos resulta de sua ação lipofílica, onde íons hidrogênio penetram a membrana celular do microrganismo, acidificando o seu interior, inibindo assim o transporte de nutrientes (SILVA, 1999a).

A redução significativa ($p < 0,05$) na contagem de microrganismos psicotróficos observados pela aplicação de ácidos orgânicos e solução salina, combinados ou não com a irradiação UV-C (tabela 2) foi de aproximadamente 3 ciclos log, durante todo o período de armazenamento, quando comparado à amostra controle, demonstrando com isso a eficiência dos tratamentos durante os 30 dias de armazenamento. O efeito nocivo dos ácidos orgânicos sobre os microrganismos deve-se à diminuição do pH extracelular, causada pela acidez e também à forma não dissociada do ácido, sendo que está aumenta com o aumento da acidez do alimento (ARAUJO, 1999).

Conforme Ball (2007), a radiação UV-C, apresenta baixo comprimento de onda e intensa energia, assim como a energia de uma ligação química e a de um fóton, capaz de provocar sérias consequências fisiológicas como, por exemplo, a inativação do DNA, que é vital às funções metabólicas e reprodutivas de microrganismos.

A Tabela 3 mostra a evolução da enumeração de coliformes fecais em amostras de carne suína, submetidas à radiação UV-C em diferentes doses, aplicação de solução salina acidificada e diferentes combinações de ácidos orgânicos durante 30 dias de armazenamento.

Observou-se a eficiência da associação de radiação UV-C em diferentes doses e/ou a aplicação de solução salina acidificada e diferentes combinações de ácidos orgânicos (tabela 3), visto que impediram o desenvolvimento desses microrganismos, enquanto que as amostras controle apresentaram contaminação ao longo do período de armazenamento. Os microrganismos do grupo coliformes são

muito sensíveis à pH baixos e a aplicação de ácidos provavelmente tiveram efeito determinante para o não surgimento de coliformes nas amostras tratadas.

A tabela 4 apresenta o resultado da presença ou ausência *Salmonella* sp em carne suína submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante o período de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

A amostra controle apresentou presença de *Salmonella* sp nos dias 0, 5 e 15, fato que as excluem dos padrões mínimos para registro e fiscalização de produtos alimentícios, estipulados pela RDC 12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001a).

Não foi encontrada a presença de *Salmonella* sp nas amostras tratadas, indicando que a associação de ácidos orgânicos e irradiação UV-C, provavelmente foram suficientes para eliminarem a *Salmonella* sp oportunista na carne suína.

Estudos demonstram que a irradiação pode causar o aumento da sensibilidade de microrganismos ao calor (KIM, THAYER, 1996). Portanto, a irradiação de carne crua pode aumentar a segurança alimentar, aumentando a sensibilidade da *Salmonella* sp e de outros patógenos aos processos térmicos posteriores.

Segundo Corlett Jr. e Brown (1980), citados por Silva et al. (2001), a ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos na higienização de carnes resulta de sua ação lipofílica, durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do microrganismo, acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes.

A utilização de métodos físicos e químicos combinados pode vir a ser um grande aliado das indústrias no controle das de patógenos em carcaças suínas, visto que a *Salmonella* sp é um dos de maior importância na indústria cárnea (tabela 4).

Para Patterson et al. (1993) e Farkas (1998), a radiação promove o aumento do prazo de vida comercial dos alimentos, não só por eliminar parte da contaminação bacteriológica, como por causar danos nas células sobreviventes, aumentando sua sensibilidade para outros fatores utilizados na conservação, fazendo com que sejam destruídas com mais facilidade até que tenham condições de retomarem sua fase de multiplicação, isto é, atuando em sinergismo.

Como por exemplo, a *Salmonella* sp, capaz de sobreviver à dose de 1 a 3 kGy em carne irradiada, foi eliminada rapidamente quando submetida à temperatura de 0-2°C e apresentou menor taxa de multiplicação, quando exposta à temperatura de 8-10°C durante armazenamento (FARKAS,1998). Por isso, foram sugeridas combinações de radiação com associação de ácidos orgânicos, congelamento ou com embalagem de atmosfera modificada ou com tratamentos térmicos.

Avaliando os resultados de pH ao longo do armazenamento refrigerado (tabela 5), é possível perceber um aumento deste valor para todas as amostras analisadas, provavelmente decorrentes do aumento do número de microrganismos psicotróficos (tabela 2). Quando se inicia a produção das enzimas proteases por

essas bactérias, estas passam a utilizar aminoácidos ao invés de glicose como substrato de crescimento. A utilização destes compostos leva ao aumento do pH devido a formação de aminas e amoníaco (TERRA; BRUM, 1988).

Foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nas amostras controle (tabela 5) em relação a todos os tratamentos, durante todo o período de armazenamento. As amostras controle apresentaram valores de pH mais elevados, o que provavelmente conduziu ao maior desenvolvimentos dos microrganismos aeróbios mesófilos e psicotróficos observados (tabelas 1 e 2).

Os valores de pH nas amostras controle (tabela 5) variaram dentro de uma faixa de 5,2 no dia zero a 7,89 aos 30 dias de armazenamento, apresentando aos 10 dias, valores acima de 6,0. Estes resultados vêm a confirmar a maior contaminação de microrganismos (tabelas 1 e 2) observada nas amostras controle já aos 10 dias de armazenamento. Por outro lado, as amostras tratadas apresentaram valores dentro do limite máximo de pH para o consumo humano (RIISPOA, 1980), que é de 6,5 aos 25 dias de armazenamento. Reações autolíticas ocasionam a formação de compostos básicos que aumentam o pH e posteriormente a ação proteolítica das bactérias deterioradoras provocam o mesmo efeito (MOSSEL, 1984), durante armazenamento prolongado.

Drehmer (2005) observou uma variação de pH de 5,5 a 6,8, em cortes suínos aspergidos com misturas de ácidos orgânicos, e armazenadas refrigeradas, por 14 dias. A variação de pH encontrada pelo autor difere da variação encontrada neste trabalho, que foi menor (3,98 a 5,4), aos 15 dias de armazenamento (tabela 5).

CONCLUSÃO

Conclui-se que a combinação de ácidos orgânicos e solução salina com radiação UV-C, em diferentes doses, foram eficientes na redução da microbiota, bactérias aeróbias mesófilas, psicotróficas, coliformes a 35 e 45 °C e *Salmonella* sp em relação às amostras controle, manutenção do pH até os 25 dias de armazenamento da carne suína refrigerada. Com isso, a aplicação desses tratamentos aumentou a vida útil do produto em 10 dias.

Tabela 1 - Valores médios da contagem de microrganismos aeróbios mesófilos das amostras de carne suína submetidas aos diferentes ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante 30 dias de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Tratamentos	Dias de armazenamento						
	Zero	5	10	15	20	25	30
	UFC. g ⁻¹						
C	1,85 \pm 0,48 ^a	4,30 \pm 0,48 ^a	5,90 \pm 0,48 ^a	6,90 \pm 0,48 ^a	7,80 \pm 0,48 ^a	8,90 \pm 0,48 ^a	9,78 \pm 0,48 ^a
T1	1,80 \pm 0,47 ^a	2,70 \pm 0,48 ^b	3,67 \pm 0,47 ^b	4,81 \pm 0,46 ^b	5,50 \pm 0,49 ^b	6,20 \pm 0,45 ^b	6,87 \pm 0,47 ^b
T2	1,89 \pm 0,48 ^a	2,40 \pm 0,47 ^b	2,97 \pm 0,46 ^c	4,55 \pm 0,46 ^b	5,14 \pm 0,47 ^b	5,92 \pm 0,47 ^c	6,90 \pm 0,46 ^b
T3	1,00 \pm 0,48 ^a	2,16 \pm 0,47 ^c	2,95 \pm 0,45 ^c	3,54 \pm 0,45 ^c	4,35 \pm 0,47 ^c	5,96 \pm 0,48 ^c	6,78 \pm 0,47 ^b
T4	1,08 \pm 0,45 ^a	2,80 \pm 0,48 ^b	3,59 \pm 0,46 ^b	4,04 \pm 0,47 ^c	5,51 \pm 0,47 ^b	6,01 \pm 0,48 ^c	6,90 \pm 0,47 ^b
T5	1,00 \pm 0,45 ^a	2,44 \pm 0,45 ^b	3,25 \pm 0,47 ^b	4,19 \pm 0,45 ^b	5,03 \pm 0,47 ^c	6,16 \pm 0,48 ^b	6,90 \pm 0,45 ^b
T6	1,43 \pm 0,47 ^a	2,76 \pm 0,47 ^b	3,34 \pm 0,46 ^b	4,72 \pm 0,45 ^b	5,36 \pm 0,46 ^b	5,92 \pm 0,45 ^c	6,89 \pm 0,46 ^b

Controle (**C**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T1**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (**T2**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico(g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T3**). Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (**T4**); radiação UV-C 5,4 KJ (**T5**); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (**T6**). . *Valores apresentados como média \pm desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2 - Valores médios da contagem de microrganismos psicrotróficos das amostras de carne suína submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante 30 dias de armazenamento a 2°C (±1°C)

Tratamentos	Dias de armazenamento						
	Zero	5	10	15	20	25	30
	UFC. g ⁻¹						
C	2,18±0,44 ^a	4,83±0,45 ^a	6,03±0,44 ^a	7,23±0,46 ^a	8,06±0,45 ^a	9,07±0,44 ^a	9,80±0,45 ^a
T1	1,98±0,46 ^a	2,35±0,46 ^d	4,14±0,45 ^c	4,81±0,46 ^c	5,45±0,47 ^b	6,06±0,45 ^d	6,81±0,46 ^c
T2	1,00±0,44 ^c	2,00±0,47 ^d	3,15±0,48 ^c	3,98±0,48 ^d	4,54±0,47 ^c	6,49±0,48 ^c	7,80±0,47 ^b
T3	1,33±0,49 ^b	2,47±0,50 ^c	3,05±0,49 ^d	3,59±0,49 ^d	5,34±0,49 ^b	6,92±0,50 ^b	7,42±0,51 ^b
T4	1,43±0,44 ^b	2,76±0,45 ^c	3,34±0,49 ^{cd}	4,72±0,47 ^c	5,41±0,49 ^b	5,93±0,49 ^d	6,64±0,49 ^c
T5	1,00±0,49 ^c	2,44±0,47 ^c	3,70±0,48 ^{bc}	4,52±0,49 ^c	5,73±0,50 ^b	6,70±0,51 ^b	7,66±0,49 ^b
T6	2,00±0,50 ^a	3,64±0,48 ^b	4,71±0,50 ^b	5,40±0,50 ^b	5,90±0,49 ^b	6,97±0,48 ^b	7,81±0,49 ^b

Controle (**C**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T1**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (**T2**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T3**). Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (**T4**); radiação UV-C 5,4 KJ (**T5**); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (**T6**). *Valores apresentados como média ± desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3 - Valores das médias de coliformes fecais das amostras de carne suínas submetidas a ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante todo o período de armazenamento a 2°C (1±C).

Tratamentos	Dias de armazenamento						
	Zero	5	10	15	20	25	30
	UFC. g ⁻¹						
C	3,18	4,98	6,93	7,28	8,96	9,07	9,34
T1	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T2	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T3	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T4	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T5	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T6	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Controle (**C**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T1**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (**T2**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T3**). Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (**T4**); radiação UV-C 5,4 KJ (**T5**); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (**T6**). *Valores apresentados como média ± desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4 - Amostras positivas (presença) e negativas (ausência) para detecção de *Salmonella* spp pelo Método Convencional em carne suína submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante o período de armazenamento a 2°C (1±C).

Tratamentos	Dias de armazenamento						
	0	5	10	15	20	25	30
C	Presença	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Ausência	Ausência
T1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
T2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
T3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
T4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
T5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
T6	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Controle (**C**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T1**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (**T2**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T3**). Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (**T4**); radiação UV-C 5,4 KJ (**T5**); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (**T6**). . *Valores apresentados como média ± desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5 - Valores médios de valores de pH das amostras de carne suína submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e radiação UV-C, durante 30 dias de armazenamento a 2°C (1±C).

Tratamentos	Dias de armazenamento						
	0	5	10	15	20	25	30
C	5,23±0,011 ^a	5,67±0,011 ^a	6,29±0,012 ^a	6,45±0,011 ^a	7,08±0,011 ^a	7,29±0,011 ^a	7,89±0,011 ^a
T1	4,80±0,012 ^c	5,16±0,012 ^{bc}	5,45±0,013 ^b	5,45±0,012 ^{bc}	5,60±0,012 ^b	5,80±0,012 ^d	6,00±0,012 ^{cd}
T2	5,04±0,011 ^c	4,65±0,013 ^d	5,10±0,012 ^c	5,34±0,012 ^c	5,40±0,012 ^c	5,60±0,012 ^d	5,90±0,011 ^d
T3	5,70±0,012 ^b	5,08±0,011 ^{bc}	5,20±0,012 ^{bc}	5,40±0,013 ^{bc}	5,67±0,011 ^b	6,20±0,013 ^c	6,40±0,013 ^c
T4	4,90±0,013 ^{bc}	5,20±0,013 ^{bc}	5,73±0,011 ^b	5,98±0,012 ^b	6,00±0,012 ^b	6,32±0,013 ^b	6,72±0,013 ^b
T5	4,70±0,011 ^c	4,94±0,011 ^c	5,50±0,012 ^b	5,82±0,012 ^b	5,98±0,013 ^b	6,37±0,012 ^b	7,02±0,012 ^b
T6	5,11±0,012 ^b	5,36±0,011 ^b	5,50±0,011 ^b	5,87±0,011 ^b	6,02±0,011 ^b	6,34±0,011 ^b	7,10±0,012 ^b

Controle (C); T1: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T1); T2: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (T2); T3: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T3). T4: Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (T4); T5: radiação UV-C 5,4 KJ (T5); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (T6). . *Valores apresentados como média ± desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

REFERÊNCIAS

AHN, D. U.; BLOOMFIELD, G. F.; SUNDARALINGAM, A.; SUTTON, D.A. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiate raw pork. **Meat Science**, v. 54, p. 209-215, 2003.

ANDERSON, M. E.; MARSHAL, R. T. & DICKSON, I. S. Efficacies of acetic, lactic and two mixed acids in reducing numbers of bacteria on surfaces of lean meat. **J. Food Sof., Trum Bull**, v.12, p. 139-147, 1992.

BALL, D.W. The electromagnetic spectrum: a history. **Spectroscopy**, v. 3, n. 22, p.14-17, 2007.

BARUA, M.; SHELEF, L. A . Growth supression of pseudomonas byglucose utization. **J. Food Sci.**, Chicago, 45(2): 349 – 351, 1980.

DREHMER, A.M.F. **Quebra de peso das carcaças suínas e estudo da vida de prateleira da carne**. 2005. 115f. Dissertação(Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

DHIEL, J.F.. Food irradiation past, present and future. **Radiation Physics and Chemistry**. v. 63, 211-215. 2002.

FARKAS. J.. **Irradiation for better foods**. Trents in Food Science & Technology. v.17, p. 148-152, 2006.

FRANCO, B. D. G. M. ; LANDGRAF, M. **Microbiologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2004.128p.

FREITA, R.M.. **Preservação de Alimentos por Irradiação em baixas doses**. (Mestrado em Ciencia de Engenharia Nuclear). 118 p. Secretaria de Ciência e Tecnologia. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 2005.

FU, A. H.; SEBRANEK, J. G.; MURANO, E. A. **Survival of Listeria monocytogenes**, Yersinia enterocolitica and Escherichia coli 0157:H7. 1995.

ICMSF. International Commision on Microbiological Specifications for Foods (ICMFSF). Microbial ecology of foods. 1: Factors affecting life and death of microrganismos. **Academic Pess**. London. 259 p., 1980

JAY, J. M. **Microbiologia Moderna de Los Alimentos**. 3. ed., Zaragoza: Acribia, 2005. 804 p.

LACROIX, M.L.; SMORAGIEWICZ. W; JOBIN, M.; LATREILLE, B.; KRZYSTYNIAK, K.. **The effect of irradiation of fresc pork loins on the protein quality and**

microbiological changes an aerobically or vacuum -packaged. Radiation Physics and Chemistry, v. 63, n. 3-6, p. 317-322, 2002.

LANARA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n.001/81, de 07 de outubro de 1981. Laboratório Nacional de Referencia Animal. Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes, Brasília, DF, 1981.

LEE, P.R.. **From the Assistant Secretary for Healthy**, US Public Health Service. Journal of American Medical Association, 2005.

LONERGAN, S. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of post mortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, n.1, p. 194-204, 2005.

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

SILVA, F. A. M. ; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, n.1, SãoPaulo 1999a.

SILVA, J. A.; SOARES, F. L.; COSTA, L. E. Sanitização de carcaças de frango com soluções de ácidos orgânicos comerciais e suco de limão. **Rev. Tec. de Carnes.** Campinas, SP. v. 23, p.19-26, 2001.

STERMER, R.A., LASATER-SMITH, M., BRASINGTON, C.F. Ultraviolet tadiation - An effective bactericide for fresh meat. **Journal of Food Protection**, v. 50, n. 2, p. 108-111, 1987.

TERRA, N. N.; BRUM, M. A. **Carne e seus Derivados: Técnicas de Controle de Qualidade.** São Paulo: Nobel, p.119, 1988.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ^{60}Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** São Paulo, 1998. 138p.

3.3 Artigo 3: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CORTE SUÍNO SUBMETIDOS À RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA-C, ÁCIDOS ORGÂNICOS E SOLUÇÃO SALINA.

Artigo em fase final de revisão pelos autores para ser submetido à
revista

Química Nova

(Configurado conforme as normas da revista)

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CORTE SUÍNO SUBMETIDO A COMBINAÇÕES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA-C, ÁCIDOS ORGÂNICOS E SOLUÇÃO SALINA ACIDIFICADA

ABSTRACT

Swine meat is the most widely produced and consumed meat in the world as a typical representative of the transformation of vegetable protein in animal protein. Thus, countries with significant grain production, particularly corn and soybeans, are configured on the international scene as major producers of these meats. Therefore, it become very important to offer the consumer a safe product quality and with high nutritional value and taste. Using UV-C radiation associated with organic acids, acidified saline, are considered as an alternative for the preservation of meat, whereas little effect on the sensory characteristics of pork. Analyses of TBARS (zero, 5, 10, 15, 20, 25, 30 days), sensory analysis on days 0, 10, 20 and 30 and analysis of the flesh color on days 0, 15 and 30, in samples of meat thirty-six pigs slaughtered in a refrigerator under federal inspection. The sections were stored refrigerated at 0-2 ° C and stored for 30 days. Through statistical analysis, the results obtained for lipid oxidation demonstrated the action of irradiated with UV-C associated with organic acids and acidified saline, increasing significantly ($p < 0.05$) values of the control treatment, and other treatments with the exception of T3 where the final value decreased over time. As the results we observe that the control differed significantly from the other treatments on all days of storage. This demonstrates that the use of organic acids and UV radiation does not interfere with the flavor of the meat stored under refrigeration at 2°C.

Key words: Swine meat, radiation, organic acids commercial acidified saline.

INTRODUÇÃO

A carne suína, apesar do preconceito existente, é uma carne saborosa, nutritiva e saudável, sendo a mais consumida em todo o mundo, representando 44% do total, contra 28,5% da carne bovina e 24% da carne de aves. Essa liderança em nível mundial poderia se tornar ainda mais representativa, em algumas regiões do mundo, é restrito por razões religiosas¹.

No Brasil, embora o desenvolvimento do mercado interno seja importante, a exportação tende a ser a maior responsável pelo desenvolvimento da suinocultura, nos próximos anos. Estima-se que o Brasil exporte mais de 250 mil toneladas de carne suína e, para que isso ocorra, é necessário aumentar a produção que ainda se encontra em níveis inferiores ao de países com menor rebanho, o que indica necessidades de melhoria da eficiência no processo de produção e manutenção da qualidade da carne produzida².

Um dos grandes problemas da carne suína está na sua conservação, haja vista que sua deterioração se dá com maior facilidade do que a carne bovina. Com isto, estudos têm sido conduzidos no sentido de aumentar o tempo de conservação da qualidade da carne suína³.

A utilização de agentes químicos na sanitização de carcaças de animais recém-abatidos, destinados ao consumo humano, tem sido estudada, na busca de reduzir a presença de microrganismos patogênicos e deterioradores⁴. Alguns destes agentes de sanitização são os ácidos orgânicos, os quais podem ser empregados para diminuir a contaminação microbiana, através da aspersão nas carcaças de animais de abate⁵.

A ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos de forma geral resulta da ação lipofílica durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do micro-organismo acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes⁶.

A aspersão de ácidos fracos combinados em carcaças suínas, nas câmaras de resfriamento, pode levar a um aumento da vida de prateleira dos cortes, bem como estes ácidos orgânicos são recomendados pelo fato de possuírem alta toxicidade contra micro-organismos e baixa contra seres humanos⁷.

Por outro lado, a técnica de irradiação surge então como uma alternativa segura no processo de redução dos microrganismos patogênicos e aumento de vida de prateleira de produtos alimentícios bastante diversificados⁸.

Apesar de conter aproximadamente 75% de água, constituindo um excelente substrato para o crescimento de inúmeros microrganismos, a carne vermelha, assim como de aves e suínos são produtos a serem submetidos à radiação, em função da crescente demanda, visando a maior oferta de alimentos de alta qualidade⁹.

A oxidação lipídica da carne leva à perda de sua qualidade em função dos odores e sabores estranhos formados no processo, típicos da rancificação. Ocorre também a redução de seu valor nutritivo, em face da destruição de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais¹⁰. A carne suína, devido ao seu alto teor de ácidos graxos insaturados, oxida-se mais rapidamente que as carnes de outras espécies animais, o que faz com que o controle de sua rancificação seja ainda mais importante¹⁰.

Segundo Kim et al. (2002) a oxidação de lipídios está entre as principais preocupações referentes ao processo de irradiação. Este processo promoveu aumento na proporção de malonaldeído em carnes bovina, de peru e suína

submetidos à irradiação, além de ter sido detectado substâncias voláteis diferentes das encontradas no grupo controle.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade físico química da carne suína resfriada submetida a diferentes tratamentos com diferentes doses de irradiação UV-C e combinações de ácidos orgânicos, através da análise da oxidação lipídica, coloração e atributos sensoriais, durante o período de trinta dias de armazenamento a 2 °C (± 1).

MATERIAIS E MÉTODOS

Cortes de suínos foram fornecidos por um frigorífico da região oeste de Santa Catarina, Brasil, e transportados acondicionadas em bolsas térmicas até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), onde permaneceram em uma câmara fria, 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), até o momento das análises. Foram selecionadas aleatoriamente 49 cortes suínos (sete cortes para cada tratamento) de um frigorífico da região Oeste de Santa Catarina e foram realizados os seguintes tratamentos: Controle (C); T1: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T1); T2: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (T2); T3: 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (T3). T4: Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (T4); T5: radiação UV-C 5,4 KJ (T5); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (T6).

Assim a irradiação foi feita sob as seguintes condições: as amostras foram colocadas sobre um suporte preto onde, a altura do suporte preto mais a amostra

correspondeu a 10 cm (distância base de vidro-detector). As amostras somente colocadas no intervalo de marcação de 20 cm referente ao diâmetro pré-estabelecido. Antes da aplicação da irradiação UV-C, as lâmpadas foram estabilizadas por 5 minutos.

Foram separados os cortes para o grupo controle (que não receberam nenhum tratamento) e, as amostras T1, T2 e T3 foram irradiadas durante 4 e 7 minutos, o que levou uma dose de 5,4KJ/m² e 9,46 KJ/m², respectivamente. Após receberam a pulverização de combinações de ácidos orgânicos e o T4 foi tratado com solução salina acidificada a 0,6% mais radiação UV-C 5,4 KJ. Os tratamentos T5 e T6 foram irradiados por 4 minutos e 7 minutos, com doses de 5,4KJ/m² e 9,46 KJ/m², respectivamente.

As amostras foram embaladas, individualmente, em sacos plásticos identificados e mantidas em câmara fria à 2°C (±1°C), até os respectivos dias de análises.

Para determinação da oxidação lipídica, inicialmente preparou-se uma curva de resposta usando uma solução 0,22g de 1,1', 3,3' tetraetoxipropano (TEP, CAS Number 122-31-6) segundo a técnica descrita por Kang, Cherian e Sim (2001). O índice de TBA (Ácido 2-Tiobarbitúrico), foi determinado pelo método proposto por Raharjo et al., (1992). Os valores foram expressos em miligramas de malonaldeído/Kg de amostra.

A cor da superfície das amostras foi avaliada pelo sistema CIELAB, usando aparelho Chroma Meter CR-300 (Minolta®, Osaka, Japão). O aparelho foi calibrado com a placa padrão de calibração fornecida pelo fabricante e a fonte de iluminação utilizada foi a D65. A leitura foi realizada em triplicata a temperatura ambiente, e os resultados expressos pelos parâmetros L* (que representa a porcentagem de

luminosidade, onde preto 0%, e branco 100%), a^* (+ a^* vermelho) e b^* (+ b^* amarelo). As análises foram realizadas nos dias 0, 15 e 30 dias de armazenamento.

Para as análises sensoriais das amostras de pernil suíno foi realizado o teste aceitabilidade utilizando escala hedônica de nove pontos, conforme metodologia descrita por Dutcosky¹¹, no qual o valor 1 correspondeu a 'desgostei extremamente' e 9, 'gostei extremamente'. Para isso um painel de 30 julgadores não treinados, mas apreciadores de carne suína foi utilizado. O pernil suíno foi assado em forno convencional a temperatura de 220°C até a temperatura no centro da peça cárnea atingir +75°C. As análises foram realizadas nos dias 0 (zero), 10, 20 e 30 após a aplicação dos tratamentos. Todos os provadores, antes de realizarem a análise sensorial assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que anterior ao início da pesquisa foi submetido a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa – Universidade do Oeste de Santa Catarina.

Para cada tratamento, foram realizadas três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas no aplicativo IBM SPSS 20.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os valores apresentados na tabela 1, os resultados obtidos para oxidação lipídica demonstraram que tanto o controle como os demais tratamentos apresentaram valores menores que 0,5 mg MA·Kg⁻¹ durante todo o período de armazenamento, variando de 0,05 a 0,46 MA·Kg⁻¹. Embora a legislação brasileira não apresente um limite máximo de malonaldeído/Kg (mg MA · Kg⁻¹) em amostras

de produtos cárneos¹². Furtado (2007) considera que o limite para o índice de oxidação lipídica que caracteriza o aparecimento de odor desagradável e limosidade característicos de deterioração é de 0,5 – 1,0 mg MA · Kg⁻¹. Portanto, os tratamentos não afetaram a qualidade da carne suína tratada com associação de radiação UV-C em diferentes doses e/ou a aplicação de solução salina acidificada e diferentes combinações de ácidos orgânicos quanto a oxidação lipídica, mantendo o produto em condições adequadas para o consumo.

Existe uma relação bem fundamentada entre os valores médios de oxidação lipídica e as avaliações sensoriais da carne¹³. De acordo com Olivo e Shimokomaki¹⁴, produtos cárneos com índice de oxidação lipídica inferiores a 1,0 mg MA·Kg⁻¹, geralmente não apresentam sabores e odores residuais de ranço característico da oxidação lipídica. No entanto, Galvim¹⁵ afirmaram que “off-flavors” podem ser detectados em carnes oxidadas a partir de valores de oxidação lipídica entre 0,5 e 2,0 mg MA·Kg⁻¹ de carne e segundo Terra, Cichoski e Freitas¹⁶, valores de oxidação lipídica acima de 1,59 mg MA·Kg⁻¹ de amostra podem causar danos a saúde do consumidor.

Conforme descreve Ferreira¹⁷, as alterações resultantes da oxidação da gordura da carne estão relacionadas com as características intrínsecas do próprio alimento, assim como das condições do ambiente onde ocorreu o processamento, principalmente com relação à temperatura e dose de radiação UV-C utilizada nos tratamentos.

O tratamento com 9,46 KJ de radiação UV-C (tabela 1) foi o que apresentou valores mais elevados durante os 30 dias de armazenamento, diferindo significativamente dos demais tratamentos, inclusive do controle. Logo, os valores desta pesquisa demonstraram que o processo de irradiação UV-C, acelerou a

oxidação lipídica de maneira significativamente e proporcional às doses utilizadas ($p < 0,05$), quando não foram associadas aos diferentes tipos e concentrações de ácidos orgânicos.

Inserir Tabela 1

Estudando o efeito da irradiação nos lipídios de quatro diferentes carnes (suíno, ovino, bovino e peru), Hampson¹⁸ observaram que o índice de peróxido e de iodo indicaram não haver mudanças significativas nos lipídios com as doses de irradiação abaixo de 10 kGy em todas as carnes estudadas. A concentração de malonaldeído sofreu pequenas alterações, em nível micromolar, proporcional à dose de irradiação, mas somente na carne suína.

Kim¹⁹ relataram que a irradiação das carnes produz mais substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico “TBARS” do que carnes não irradiadas, independente da espécie animal, o que poderia explicar o maior índice de oxidação lipídica no tratamento T6 (tabela 1). Esse autor também afirma que a irradiação não somente produz novos compostos voláteis como também aumenta a quantidade de alguns compostos voláteis encontrados em carnes não irradiadas.

Os valores observados neste estudo concordam com os divulgados por Hampson²⁰, que verificaram a influência da irradiação em amostras de carne de diferentes espécies tais como suína, ovina, bovina, peito e coxa de peru e detectaram valores crescentes na oxidação lipídica, proporcionais com o aumento da dose utilizada.

Estes resultados sugerem que devem ser realizadas mais pesquisas para verificação das alterações na estabilidade lipídica ocasionadas pela irradiação, devendo ser estabelecida uma dose que concilie sua eficiência em inibir o

crescimento da microbiota da carne, porém sem intensificar o processo de oxidação lipídica, que limita o prazo de validade comercial e influencia negativamente nos atributos sensoriais.

Os atributos de cor representados pelos valores de L^* mostram que os tratamentos controle e T4 diferiram estatisticamente ($0 < 0,05$) dos demais tratamentos que apresentam menores valores de L^* . Pode-se dizer que a utilização de ácidos orgânicos, irradiação UV-C e solução salina acidificada alterou de forma significativa a coloração da carne. Dessa forma, a redução do valor de L^* significa que a carne estava mais “escura” e a redução do valor de a^* significa que estava menos vermelha do que o controle e o T4.

Inserir Tabela 2

Como pode ser constatado no diagrama de cromaticidade do sistema CIELAB, apresentado por Ramos e Gomide²¹, os valores menores de a^* significam maior tendência em direção à cor verde e menor em relação à cor vermelha, enquanto que os valores de L^* representam a percentagem de luminosidade, variando de preto (0%) a branco (100%). Desta forma, a redução do valor de L^* significa que a carne estava se apresenta com menos brilho e a redução do valor de a^* significa que a carne estava mais “verde” e menos “vermelha”. Segundo Mckee²² a cor da carne pode ser considerada normal quando apresentar o valor de L^* menor que 53 ou pálidas com L^* maior que 53.

O valor L^* foi menor nas amostras de carne tratada, mas com exceção do T2 e T4, em que a carne ficou mais escura, ou seja, com valor de L^* maior que 53, após 15 dias e 30 dias de aplicação dos tratamentos.

Mudanças na coloração em carnes cruas irradiadas ocorrem devido à susceptibilidade da molécula de mioglobina, especialmente do íon ferro, podendo gerar alterações químicas, dependendo da dose de radiação²³.

Gomes²⁴ não encontraram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras de CMS não irradiadas e irradiadas com doses de 3,0 kGy e 4,0 kGy, para os atributos L^* e b^* da análise de cor.

Para²⁵ as doses de 1,5 e 2,5 kGy não influenciaram nos valores de L^* e b^* para a cor de carne suína, porém os valores de a^* aumentaram significativamente, variando de 15,2; 16,1 e 16,2 em 14, 28 e 42 dias de estocagem.

Pode-se observar (tabela 2) que houve diferença significativa no valor de a^* no T4 e T6 em relação aos demais tratamentos e o controle, durante todo o período de armazenamento (30 dias). A coloração vermelha da carne é um importante componente do apelo visual para consumidores²⁶. Segundo Ramos e Gomide²⁷ o índice de a^* é o parâmetro de cor mais sensível na caracterização da cor vermelha e na sua estabilidade.

Verificou-se que ocorreu tendência de aumentar os valores do parâmetro a^* durante o período de armazenamento, ou seja, a intensidade de coloração vermelha foi aumentando ao longo do período nas amostras tratadas (Tabela 2).

Nanke²⁸ estudaram o efeito da irradiação em carne suína e bovina, mantidas sob refrigeração durante 10 semanas, e concluíram que a irradiação aumentou significativamente os valores de a^* em carne suína. Os valores de b^* variam de azul ($-b^*$) a amarelo ($+b^*$), apresentaram maior variação e os valores obtidos entre as amostras tratadas apresentaram-se próximos uns dos outros, embora com diferença significativa em alguns dias analisados (Tabela 2).

Os valores de b^* para os tratamentos T1, e T4, diferiram significativamente em relação aos outros tratamentos, porém não diferiram significativamente das amostras controle. A adição de ácidos, irradiação e solução salina interferiram na cor amarela da carne suína até final do período analisado.

Millar²⁹, estudaram o uso de doses de 5KJ em carne de frango, armazenada a 4°C, num período de sete dias e concluíram que no início da estocagem, os valores de L^* não sofreram a ação do processo de irradiação, enquanto que os valores de a^* foram significativamente maiores nas amostras irradiadas, em relação ao controle. Os valores de b^* apresentaram aumento significativo nas amostras irradiadas comparadas com o controle, concordando com os achados desta pesquisa.

A análise sensorial realizada neste experimento teve o objetivo de verificar preferência da carne suína pelos provadores (tabela 3).

As médias de aceitação variaram entre 4,8 e 6,96, situando-se entre os termos hedônicos "desgostei ligeiramente" e "gostei ligeiramente" (tabela 3). Todos os tratamentos onde foram aplicadas combinações de ácidos orgânicos, solução salina e diferentes doses de radiação UV-C receberam notas indicativas de aprovação da carne suína, ou seja, com valores acima de 6 (gostei ligeiramente).

Isto demonstra que a utilização de ácidos orgânicos e radiação UV não interferiram na aceitação da carne armazenada sob refrigeração a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). Entretanto o controle já aos 15 dias mostrou aspectos de deterioração, não sendo possível levar as amostras à apreciação dos provadores. Aos 10 dias de armazenamento (tabela 3) diferiu significativamente das amostras tratadas, recebendo a pior nota 5,1, o que corresponde a "indiferente" na escala hedônica.

Conforme Azeredo e Faria³⁰ sabores estranhos e desagradáveis (*off-flavors*) podem se desenvolver no alimento durante a estocagem, que levam à rejeição dos

produtos pelo consumidor. Os dados obtidos em todos os tratamentos levam a interpretação de que a irradiação UV-C, ácidos orgânicos e solução salina, produziram uma melhoria na qualidade da carne suína, ao final dos 25 dias. Confirmando esses resultados encontrados neste trabalho, Lacroix³¹ observou o efeito benéfico da irradiação da carne suína crua embalada a vácuo com 6 kGy onde aos 43 dias não observaram alteração nos atributos de sabor e aroma, enquanto nas amostras controle, a avaliação sensorial teve que ser interrompida com 28 dias de armazenamento devido ao avançado estado de deterioração.

Discordando dos resultados encontrados neste trabalho, Ahn³² observaram que vários compostos de enxofre foram encontrados em carne suína irradiada e não foram encontrados em carne suína não irradiada. Esses pesquisadores também relataram que carne suína irradiada apresentou mais compostos voláteis do que na carne não irradiada.

Inserir Tabela 3

Dentre as diversas características sensoriais existentes que diferem a qualidade de um produto, os aspectos como odor e aparência são os que irão decidir sua atração e ou rejeição pelo consumidor³³.

Silva³⁴ não detectou em nenhum dos métodos de análise diferença na aparência global das carcaças suínas controles e as que foram aspergidas com A irradiação pode, em alguns casos, aumentar a qualidade de produtos prolongando a boa aparência, odor, sabor e a manutenção do valor nutritivo. Porém, o uso da radiação de alimentos em diferentes doses pode causar diversas alterações físicas, químicas e sensoriais, devido às diferentes estruturas e composição de cada alimento, assim como os tratamentos prévios, durante e após a irradiação. As

modificações sensoriais que ocorrem após uma dose suficientemente alta são mais acentuadas em alguns alimentos do que em outros³⁵.

Silva³⁶ não detectou em nenhum dos métodos de análise diferença na aparência global das carcaças suínas controles e as que foram aspergidas com 500mL da solução 2,0% de ácido acético, 1,0% de ácido láctico, 0,25% de ácido cítrico e 0,10% de ácido ascórbico.

Goddard, Mikel, Conner&Jones citados por Huffman³⁷, trataram tiras de lombo com misturas de ácidos lácticos e acéticos e não encontraram diferenças significativas na cor, gordura e odor quando comparadas ao controle.

CONCLUSÃO

As amostras tratadas com irradiação apresentaram maiores valores de oxidação lipídica do que o controle. Esses valores, não provocaram rejeição do produto tratado, pelo que se observou na análise sensorial. As amostras tratadas e controle não apresentaram diferença em relação à cor. Conclui-se que a associação de ácidos orgânicos, solução salina acidificada e radiação UV-C, pode ser usada como alternativa na indústria cárnea à medida que fornece carnes mais seguras ao consumidor, sem alterar as suas características sensoriais.

Tabela 1. Valores de TBARs das amostras de corte de carne suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Tratamento	Dias de armazenamento						
	0	5	10	15	20	25	30
C	0,18 \pm 0,05 ^b	0,14 \pm 0,04 ^b	0,05 \pm 0,04 ^c	0,13 \pm 0,06 ^b	0,09 \pm 0,06 ^c	0,15 \pm 0,06 ^{bc}	0,18 \pm 0,06 ^c
T1	0,05 \pm 0,04 ^c	0,07 \pm 0,05 ^{bc}	0,07 \pm 0,04 ^{bc}	0,10 \pm 0,06 ^{bc}	0,12 \pm 0,05 ^{bc}	0,11 \pm 0,06 ^c	0,12 \pm 0,05 ^d
T2	0,24 \pm 0,05 ^b	0,13 \pm 0,07 ^b	0,06 \pm 0,05 ^{bc}	0,09 \pm 0,05 ^{bc}	0,13 \pm 0,06 ^{bc}	0,16 \pm 0,05 ^{bc}	0,19 \pm 0,06 ^c
T3	0,23 \pm 0,06 ^b	0,12 \pm 0,05 ^b	0,08 \pm 0,05 ^{bc}	0,10 \pm 0,05 ^{bc}	0,11 \pm 0,06 ^{bc}	0,22 \pm 0,06 ^b	0,22 \pm 0,06 ^c
T4	0,35 \pm 0,06 ^a	0,06 \pm 0,04 ^c	0,10 \pm 0,05 ^b	0,10 \pm 0,06 ^{bc}	0,19 \pm 0,04 ^b	0,23 \pm 0,05 ^b	0,36 \pm 0,04 ^b
T5	0,17 \pm 0,06 ^b	0,05 \pm 0,04 ^c	0,12 \pm 0,06 ^b	0,07 \pm 0,05 ^c	0,15 \pm 0,06 ^b	0,24 \pm 0,06 ^b	0,28 \pm 0,06 ^b
T6	0,27 \pm 0,05 ^b	0,26 \pm 0,05 ^a	0,33 \pm 0,05 ^a	0,35 \pm 0,05 ^a	0,41 \pm 0,05 ^a	0,43 \pm 0,05 ^a	0,46 \pm 0,05 ^a

Controle (**C**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T1**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (**T2**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T3**). Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (**T4**); radiação UV-C 5,4 KJ (**T5**); radiação UV-C 9,46 KJ (**T6**). *Valores apresentados como média \pm desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2. Valores médios da análise de cor (L*, a* e b*) das amostras de carne suína controle e das submetidas aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

	Dias de armazenamento		
	0	15	30
L*(luminosidade)			
C	49,59 \pm 0,06 ^a	50,11 \pm 0,06 ^a	54,50 \pm 0,06 ^a
T1	47,92 \pm 0,06 ^b	49,76 \pm 0,06 ^a	50,13 \pm 0,06 ^b
T2	46,55 \pm 0,05 ^b	49,78 \pm 0,06 ^a	54,52 \pm 0,06 ^a
T3	39,37 \pm 0,06 ^c	47,51 \pm 0,06 ^b	50,45 \pm 0,06 ^b
T4	48,63 \pm 0,06 ^a	49,63 \pm 0,06 ^a	54,80 \pm 0,05 ^a
T5	45,42 \pm 0,06 ^{bc}	47,61 \pm 0,06 ^b	51,65 \pm 0,06 ^b
T6	44,79 \pm 0,06 ^{bc}	48,22 \pm 0,06 ^b	49,75 \pm 0,06 ^b
a*(vermelho)			
C	13,40 \pm 0,09 ^{bc}	14,30 \pm 0,09 ^{bc}	15,75 \pm 0,08 ^{bc}
T1	12,11 \pm 0,09 ^c	14,96 \pm 0,09 ^b	15,76 \pm 0,09 ^{bc}
T2	13,31 \pm 0,09 ^{bc}	14,36 \pm 0,09 ^{bc}	15,06 \pm 0,09 ^c
T3	13,80 \pm 0,09 ^b	14,41 \pm 0,09 ^{bc}	16,85 \pm 0,09 ^b
T4	15,47 \pm 0,09 ^a	16,59 \pm 0,09 ^a	18,10 \pm 0,09 ^a
T5	12,31 \pm 0,09 ^{bc}	14,37 \pm 0,09 ^{bc}	15,70 \pm 0,09 ^{bc}
T6	13,56 \pm 0,09 ^{bc}	14,32 \pm 0,09 ^{bc}	16,32 \pm 0,09 ^b
b*(amarelo)			
C	1,65 \pm 0,03 ^c	3,74 \pm 0,03 ^{bc}	5,67 \pm 0,34 ^{ab}
T1	3,50 \pm 0,03 ^b	4,83 \pm 0,03 ^b	7,26 \pm 0,03 ^a
T2	3,17 \pm 0,03 ^b	4,67 \pm 0,03 ^b	4,26 \pm 0,03 ^c
T3	1,66 \pm 0,03 ^c	3,37 \pm 0,03 ^{bc}	5,90 \pm 0,03 ^b
T4	3,82 \pm 0,03 ^a	5,31 \pm 0,03 ^a	7,99 \pm 0,03 ^a
T5	3,88 \pm 0,03 ^b	4,27 \pm 0,03 ^b	5,55 \pm 0,03 ^{bc}
T6	2,53 \pm 0,03 ^{bc}	3,23 \pm 0,03 ^c	4,90 \pm 0,03 ^{bc}

Controle (**C**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T1**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (**T2**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T3**). Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (**T4**); radiação UV-C 5,4 KJ (**T5**); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (**T6**). *Valores apresentados como média \pm desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 3. Valores das médias de aceitabilidade pelos provadores em das amostras de carne suína assada, após serem submetidas aos diferentes tratamentos com ácidos orgânicos, solução salina e doses de radiação UV-C durante o período de armazenamento a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Tratamentos	Dias de armazenamento			
	Zero	10	20	25
C	5,50 \pm 0,17 ^b	5,10 \pm 0,23 ^b	ND	ND
T1	6,33 \pm 0,16 ^a	6,36 \pm 0,22 ^a	6,50 \pm 0,22 ^a	6,23 \pm 0,21 ^a
T2	6,60 \pm 0,18 ^a	6,83 \pm 0,23 ^a	6,26 \pm 0,22 ^a	6,30 \pm 0,20 ^a
T3	6,50 \pm 0,17 ^a	6,13 \pm 0,24 ^a	6,83 \pm 0,22 ^a	6,43 \pm 0,22 ^a
T4	6,70 \pm 0,17 ^a	6,66 \pm 0,24 ^a	6,96 \pm 0,23 ^a	6,20 \pm 0,22 ^a
T5	6,46 \pm 0,18 ^a	6,36 \pm 0,23 ^a	6,00 \pm 0,22 ^b	6,56 \pm 0,22 ^a
T6	6,43 \pm 0,18 ^a	6,50 \pm 0,22 ^a	6,23 \pm 0,22 ^a	6,70 \pm 0,22 ^a

Controle (**C**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T1**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80% de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + radiação UV-C 9,46 KJ (**T2**); 1% de ácido láctico (v/v) + 0,80 de ácido ascórbico (g/v) + 1% de ácido cítrico (g/v) + 0,6% de ácido acético (v/v) + radiação UV-C 5,4 KJ (**T3**). Solução salina acidificada a 0,6% + radiação UV-C 5,4 KJ (**T4**); radiação UV-C 5,4 KJ (**T5**); T6 radiação UV-C 9,46 KJ (**T6**). *Valores apresentados como média \pm desvio padrão; ** médias em cada coluna seguidas da mesma letra minúscula do controle não difere significativamente do mesmo pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

ND: não determinado.

REFERÊNCIAS

- ¹ Deschamps, J.C; Lucia, T; Talamine, D.J.D. *Ministério da Ciência e Tecnologia*. c.18, p.239-255, **1998**.
- ² Monteiro Jr., L.A. *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual Paulista, **2005**. 79 p.
- ³ Neves Filho, L. C. *Instituto Brasileiro do Frio, ABRAVA e SINDRATAR*. São Paulo, p. 176, **1991**.
- ⁴ Barua, M.; Shelef, L. A . J. *Food Sci.*, Chicago, 45(2): 349 – 351, **1980**.
- ⁵ Silva, J. A.; Soares, F. L.; Costa, L. E. *Rev. Tecn. De Carnes*. Campinas, SP. v. 23, p.19-26, **2001**.
- ⁶ Dickson, J.S. *J.Food Prot.*, v.51, n.11, p.869-873, **1988**.
- ⁷ Silva, J. A. *Rev. Higiene Alimentea*, São Paulo, v. 13, n. 60, p. 55-62, mar., **1999a**.
- ⁸ Farkas, J. *Food Microbiol.*, v. 44, p.189-204, **1998**.
- ⁹ Silva, J. A. *Rev. Higiene Alimentea*, São Paulo, v. 13, n. 60, p. 55-62, mar., **1999a**.
- ¹⁰ MCCARTHY, T. L.; KERRY, J. P.; KERRY, J. F.; LYNCH, P. B.; BUCKLEY, D. J. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Science*, v. 58, n. 1, p. 45-52, **2001**.
- ¹¹ Dutcosky, S.D. *Análise sensorial de alimentos*. 2.ed. Curitiba: Champagnat, **1996**, 239p.
- ¹² Furtado, A. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, **2007**. 106
- ¹³ Bour, R.; Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G. H. S. *Poultry Science*, v. 80, p. 800-807, **2001**.
- ¹⁴ Olivo, R.; Shimokomaki, M. *Carnes: No caminho da pesquisa*. 2 ed. Cacoal do Sul, Imprint, **2002**, 155p.
- ¹⁵ Galvin, K. et al. *British Poultry Science*, v. 38, p. 499-501, **1997**.
- ¹⁶ Terra, N. N.; Cichoski, A. J.; Freitas, R. J. S. *Revista Ciência Rural*, v. 36, n. 3, p. 965-970, **2006**.
- ¹⁷ Ferreira, S. R. S. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, **1999**. 107.
- ¹⁸ Hampson, J. W.; Iverson, S. J.; Lang, S. L. C.; Cooper, M. H. *Meat Science*, v. 42, p. 271–276, **1996**.
- ¹⁹ Kim, A. Y.; Thayer, D. W. *Applied and Environmental Microbiology*, v.62, n.5, p.1759-1763, **1996**.
- ²⁰ Hampson, J. W.; Iverson, S. J.; Lang, S. L. C.; Cooper, M. H. *Meat Science*, v. 42, p. 271–276, **1996**.
- ²¹ Ramos, E.M.; Gomide, L.A.M. Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias. Viçosa, MG: UFV, **2007**. 599 p.
- ²² Mckee, S.R.; Hargis, B. M.; Sams, A. R. *Poultry Science*, v. 77, p. 356-360, **1998**.
- ²³ Brewer, S. *Meat Science*. v. 68, p.1-17, **2004**.
- ²⁴ Gomes, H. A.; Silva, E. N.; Nascimento, M. R. L.; Fukuma, H. T. *Food chemistry*, v. 80, p. 433-437, **2003b**.
- ²⁵ Zhu, M. J.; Mendonça, A.; Ahn, D. U. *Meat Science*, v. 67, n. 4, p. 643-649, **2009**.

- ²⁶ Shan, B.; Cai, Y. Z.; Brooks, J. D.; Corke, H. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 89, n. 11, p. 1879-1885, **2009**.
- ²⁷ Ramos, E.M.; Gomide, L.A.M. Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias. Viçosa, MG: UFV, **2007**. 599 p.
- ²⁸ Nanke, K. E.; Sebranek, J. G.; Olson, D. G. *Journal of Food Science*, v. 63, n. 6, **1998**.
- ²⁹ Millar, S. J.; Moss, B. W.; Stevenson, M. H. *Meat Science*, v. 55, n. 5, p. 361-370, **2001**.
- ³⁰ Azeredo, H.M.C; Faria, J.A.F.; Azerede, A.M.C. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 20, n. 3, Campinas, **2000**.
- ³¹ Lacroix, M. L.; Smoragiewicz, W.; Jobin, M.; Lattreille, B.; Krystynia K, K. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, n. 3-6, 317-322, **2002**.
- ³² Ahn, D. U.; Bloomfield, G. F.; Sundaralingam, A.; Sutton, D.A. *Meat Science*, v. 54, p. 209-215, **2003**.
- ³³ Neves Filho, L. C. *Instituto Brasileiro do Frio, ABRAVA e SINDRATAR*. São Paulo, p. 176, **1991**.
- ³⁴ Silva, J. A. *Rev. Higiene Alimentea*, São Paulo, v. 13, n. 60, p. 55-62, mar., **1999a**.
- ³⁵ Miyagusku, L. et al. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, p. 7-16, **2003**.
- ³⁶ Silva, J. A. *Rev. Higiene Alimentea*, São Paulo, v. 13, n. 60, p. 55-62, mar., **1999a**.
- ³⁷ Huffmann, R. D. *Meat Science*, n. 62, p. 285-294, **2002**.

3.4 Artigo 4: Short title - Effect of UV-C radiation and acids organic acids in the commercial validity of frozen pork

Running title: **Effect of UV-C radiation and organic acids in the commercial validity of frozen pork meat**

Eliane Maria de Carli^{1*}; Leadir Lucy Martin Fries²; Simone Canabarro Palezi¹; Nelcindo Nascimento Terra²

Artigo submetido à revista **Paper Journal of pure and applied microbiology**.
(Configurado conforme as normas da revista)

¹Department of Biological Sciences and Health – University of West of Santa Catarina – Rua Oiapoc, 211, São Miguel do Oeste – SC – Brazil - 89900-000.

*Corresponding author: eliane-carli@hotmail.com

Phone: 04936311054 or 04999119948

²Department of Food Technology - FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA MARIA – UFSM - SC – Brazil.

ABSTRACT

The use of UV-C radiation associated with organic acids is considered as an easy implementation and efficient technology for maintaining the quality of meat and meat products. The aim of this study was to evaluate the effects of different treatments with different doses of UV-C irradiation and combinations of organic acids, on lipid oxidation, pH, color and sensory evaluation and analysis of psychrotrophic bacteria in pork during the storage period of 360 days at -18 °C. Statistical analysis was performed taking into consideration the handling and storage period. Thirty-six samples of pork (frozen bone-in ham (-18 °C), obtained from a slaughterhouse in the west of Santa Catarina were treated with 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation (T1) and 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + UV-C 9 KJ (T2). The psychrotrophic bacteria counts were higher in the control samples, showing the efficiency of the irradiation process in maintaining food safety and reducing bacterial proliferation. The use of freezing together with irradiation showed great effectiveness in reducing meat microbes. It was observed that the values of TBARs increased during the storage period, but did not lead to the rejection of meat treatments T1 and T2, according to sensory analysis, attesting to the efficacy of UV-C radiation and organic acids in the conservation of frozen pork.

Keywords: pork, UV-C radiation, meat quality, organic acids.

INTRODUCTION

The technology of food irradiation has received growing attention worldwide, together with the traditional methods of food preservation. The reasons that sparked the interest of many countries are related to large food wastes as a result of infestation, contamination and decomposition, the growing concern with respect to etiological agents transmitted by food and the increase in international trade of food products subject to the rigid export regulations¹.

Some non-thermal processes have been applied in the preservation of food without causing adverse effects of the use of heat. One such process is food irradiation with short-

wave ultraviolet light (UV-C), which has been widely studied for its efficiency in microbial inactivation in water and surfaces of various materials².

The first commercial ultraviolet (UV) equipment were produced for the pharmaceutical and aquaculture industries for not using chemicals for decontamination. Then came the interest for the use of such equipment in food and drinks. Several researches have been developed in these areas in order to assess the lethal effect (the microbiological response) of UV-C and any changes in the sensory characteristics of the products³. This trend has been tracking consumer demand for products that preserve their original sensory qualities, but they receive minimal treatment to ensure their microbiological safety and stability.

The germicidal effect of ultraviolet radiation was first detected in 1878, but the first processing units were built in 1955 in Switzerland and Austria⁴.

This study aimed to verify the efficiency of the use of UV-C and organic acids to prolong the shelf-life of pork, emphasizing the importance of using new technologies of food preservation and their benefits observed by several authors in different types of food, assessing the combined effect of these two technological treatments within commercial and sensory characteristics thereof.

MATERIALS AND METHODS

The work was carried out from 11/2011 to 12/2012 using pork cuts (*longissimus dorsi*), obtained from a slaughterhouse in the west of Santa Catarina. After cooling of the carcasses, the meat was cut, identified and individually wrapped, packed in cool boxes with ice for subsequent treatment.

The UV-C chamber was developed by the Study and Development of Electronic Reactors Group (GEDRE) of UFSM and consisted of two UV-C lamps adapted to a conventional microwave housing. The microwaves were disabled. The irradiance of the lamps was measured using a spectroradiometer (RPS 900 light Technologies International, Peabody, MA, USA). The lamps were stabilized for 5 minutes before the measurement. The measurement was made with two lamps connected to 30 W power source, at the central portion of the glass base at a distance of 8 cm between the lamp and the detector, and of 10 cm between the detector and the base glass. The irradiance measured was 22.53 W / m², and it was estimated that, in these conditions, a core diameter of 20 cm confirmed this irradiance. Doses were exposed to doses of 0 (control), 5.4 kJ / m² and 9.46 KJ / m².

Thus, the irradiation was performed under the following conditions: the samples were placed on a black stand with the height of the stand plus sample was equivalent to 10 cm (glass base - detector distance). A 20 cm marking was made on the black stand reference to the diameter set, and the samples were placed only in this interval.

36 bone-in ham cuts contained in the cooling chamber of a refrigerator in the west of Santa Catarina were randomly selected. The following treatments were conducted: Control (C), T1: 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation (T1) and T2: 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46 KJ UV- C radiation (T2);

12 cuts were separated for the control group (received no treatment), and 12 samples for T1 and 12 samples for T2 treatments. The samples were sprayed with combinations of organic acids: 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) for T1 and 1% Lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) for T2, receiving a dose of 5.4 kJ / m² and 9.46 KJ / m², respectively.

After being irradiated, the samples were packed individually in plastic bags identified and kept in a cold chamber at -18 °C until their respective analysis days. Before application of the UV-C radiation, the lamps were stabilized for 5 minutes.

All analyses were performed on bone-in ham, soon after the application of doses of UV-C radiation and organic acids after storage days 0 (zero), 90, 180 and 360. Psychrotrophic analyses were performed, according to the methodology described by⁵. The analyses were performed after storage days 0, 90, 180 and 360, constituting of 3 reps with plates in triplicate.

The pH was determined by the method described by⁶, the measurement was made using digital pH meter, Digimed brand.

Measurements were performed at 0, 90, 180 and 360 days of sample storage, constituting three replicates per sample.

For determination of lipid oxidation, a response curve was initially prepared using a solution of 0.22g of 1,1,3,3 tetraetoxipropane (TEP, CAS Number 122-31-6).

The TBA index (2-thiobarbituric acid) was determined by the method proposed by⁷ modified as described below: Two 10g samples of meat were collected to which 40 ml trichloroacetic acid 5 % and 1 mL of the antioxidant BHT were added. The samples were homogenised for 1 minute and then filtered and the volume adjusted to 50 ml in a volumetric flask with 5% trichloroacetic acid, the filtrate was removed with a pipette in 2 ml aliquots and placed into a test tube (2 tubes for each balloon). 2 ml of TBA reagent 0.08 Molar in acetic

acid 50% was later added. After this procedure the samples were brought to the boiling water bath for 5 minutes. The readings were taken in transmittance through a flame spectrophotometer at 531 nm. The values were expressed as milligrams of malonaldehyde / kg of sample.

The surface color of the samples was evaluated by the CIELAB system, using Chroma Meter CR-300 (Minolta ®, Osaka, Japan). The device was calibrated with standard calibration plate provided by the manufacturer and the light source used was D65. The reading was performed at room temperature in triplicate and the results expressed by the parameters L* (which represents the percentage of luminosity, where 0% is black, and 100% is white), a* (+ a* red) and b* (+ b* yellow). Analyses were performed on days 0, 15 and 30 of storage.

For the sensory analysis of the samples of bone-in ham, acceptability test was performed using a nine point hedonic scale, according to the methodology described by⁸, in which the value 1 corresponded to “extremely dislike” and 9 “extremely like”. A panel of 30 untrained judges, but appreciators of pork, was used. The bone-in ham was roasted in a conventional oven at a temperature of 220 °C until the temperature in the center part of the meat reached +75 °C. The analyses were performed on days 0 (zero), 10, 20 and 30 after treatment application. Before performing the sensory analysis, all the tasters signed the Informed Consent Form (ICF), which prior to the start of the study was submitted for approval by the Research Ethics Committee - University of the West of Santa Catarina. For each treatment, three repetitions were made. Data were subjected to analysis of variance and compared by Tukey test at 5% significance. The analyses were performed in the application STATISTICA version 7.0 (StatSoft, Inc, Tulsa, Oklahoma - OK, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Psychrotrophic counts allow one to check the efficiency of the use of chemical methods associated with physical methods (UV-C irradiation, organic acids) in food preservation through the significant decrease ($p < 0.05$) from the values found in the treated samples (Table 1).

Table 1 here

According to⁹ and¹⁰, radiation promotes the increased maturity of commercial foods, not only by eliminating part of bacteriological contamination, but also for causing damage in surviving cells, increasing their sensitivity to other factors used in conservation, making them destroyable with ease.

From the results obtained, it was also found that after 180 days, there was no psychrotrophic bacterial colonies, which can be explained by frost action, associated with treatment with UV-C radiation and organic acids. The results are similar to those observed by¹¹, who found values smaller than 2.8 and less than 1.8 log₁₀, respectively, for doses of 3 kGy and 4 kGy applied to frozen chicken.

¹²Mentioned that for microorganisms, a dose of 0.1 kGy produces damage of the order of 2.8% of DNA, a percentage considered lethal to most bacteria.

Based on the results of three treatments during storage periods, it was found that freezing at -18°C during the entire storage period, was decisive for pork for 360 days without sensory abnormalities resulting from contamination by psychrotrophic bacteria, demonstrating significant contribution of the combination of organic acids and UV-C radiation.

It can be concluded that combined methods of UV-C radiation and organic acids can slow the process of deterioration of meat through inhibition of psychrotrophic bacteria in proportionally to the dose used.

Depending on the characteristics of food, irradiation will be applied in conjunction with other preservation techniques (combined methods), reducing the microbial load, either pathogenic or deteriorating. The use of combined methods, can lead to the reduction of the dose required to ensure microbiological stability of the product during distribution, marketing and consumption, without harming the nutritional or sensory aspects¹³.

The results of determination of the pH of pork samples according to the method of preservation and during the three intervals of storage are shown in Table 2.

Table 2
here

According to the data obtained, the pH value showed no significant difference in the treated and untreated samples. The value after 360 days still corresponds to the range of pH variation that characterizes meat fit for consumption, when only this parameter is considered¹⁴.

With respect to the values of lipid oxidation, the results allow to observe an increase in all samples, with increasing storage time. The increase in lipid oxidation values showed significant differences ($p < 0.05$) within each storage time compared to T1 and T2. Between them, it was higher in sample T2 than in samples of T1.

Table 3
here

This is probably due to the lipid degradation during storage of all samples and with higher degradation rates in samples T1 and T2, since the radiation acts on lipids in meat, providing a higher degradation¹⁵.

Lower values of lipid oxidation were observed in the control treatment (C). The results are similar to those obtained by¹⁶, who used doses of up to 10 kGy, to attest to the influence of radiation on lipid oxidation of meat samples from pig, sheep, cattle and turkey breast, detecting increased TBARS values, proportional to the increase of radiation dose.

One can observe an increase in lipid oxidation in relation to storage time. The results differ significantly ($p < 0.05$) in almost all samples versus time of storage, indicating that the longer the storage time, the higher the lipid oxidation.

In this analysis, the results were obtained in the form of numerical values for the attributes of color: L* (luminosity), a* (green and red) and b* (blue and yellow). The observed L* values for the control differed significantly from the treated samples during the storage time.

Table 4
here

¹⁷ Demonstrated in an experiment that the use of irradiation does not have an action dose dependent on Lightness (L*) of pork, beef, and turkey in instrumental analysis of color.

The values of L*, a* and b* decreased with storage time, although not significant.

The values of a* were not significantly different among all treatments. The meat color depends on the amount and state of the pigment and the ability to balance between dispersion and penetration of oxygen, oxidative processes and reduction systems in the inside of muscle mass¹⁸. With the use of UV-C radiation a uniform effect is expected on meat, with color changes being observed on the outside surface, depending on the level of diffusion and depth of penetration of oxygen.

T2 differed from the control and T1 for the values of b*. However, T2, was different from the other treatments throughout the storage period at -18 °C.

The acceptance means ranged between 5.1 and 6.72, lying between the hedonic terms "indifferent" and "slightly like." Treatment T2 differed significantly from the control and T1, throughout the storage period. One is allowed to certify the absence of rejection of T2 since they received top ratings in all days of storage.

Table 5
here

¹⁹ Did not detect difference in any of the methods of analysis in the overall appearance of pig carcasses controls and those sprayed with 500 ml of 2.0% solution of acetic acid, 1.0% lactic acid, 0.25% citric acid and 0.10% ascorbic acid.

Table 6
here

²⁰ Treated loin strips with mixtures of lactic and acetic acids and found no significant differences in color, odor and fat when compared to the control.

The acceptance means ranged between 6.00 and 7.00, lying between the hedonic terms "like moderately" and "like slightly". The results obtained differ between T1 and T2, compared to the control. From the results, it can be testified that there is no rejection of the

treated product, since they were better in treatment T2 in all storage times. The result demonstrates that during the storage, treatments improved the sensory characteristics of pork, since the results were different between the control and treatment T1 and T2.

All samples were between 5.57 and 6.89, which is equivalent to the hedonic scale scores between "indifferent" and "like slightly".

Table 7
here

The results in treatment T2 differed significantly between the control and T1 throughout the storage period. The results show that there is no rejection of the product treated with UV-C irradiation and organic acids, which were best seen in treatment T2 in all storage times.

CONCLUSION

Psychrotrophic bacteria counts were higher in the control sample, but still within the appropriate values for consumption. The combinations of organic acids and UV-C radiation produced an anaerobic reduction, making the pork safer for the consumer. It was observed that the use of freezing technology avoids the detection of this microorganism after 360 days of storage. The samples T1 and T2 had higher TBARs values than the control samples but did not cause rejection of meat treated with combinations of organic acids and UV-C radiation. Through the sensory analysis it is possible to observe the acceptance of treated meat by the panelists, in relation to the control sample. Frozen pork treated with combinations of organic acids and UV-C radiation remained intact during storage while frozen at -18 °C.

Table 1: Mean scores of psychrotrophic bacteria in frozen pork in relation to storage time (0, 90, 180, 360 days).

Treatments	Storage time			
	0 (zero)	90 days	180 days	360 days
C	2.81± 0.52 ^a	3.92 ± 0.46 ^a	4.47±0.89 ^a	4.50±0.04 ^a
T1	0.37± 0.52 ^b	0.43 ± 0.22 ^b	Absence	Absence
T2	0.32 ± 0.45 ^b	0.37±0.53 ^b	Absence	Absence

C: (control), **T1:** 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C, **T2:** 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46KJ UV-C radiation. ^a Means in the same row followed by different lowercase letters differ significantly in relation to storage time ($p < .05$).

Source: the author.

Table 2: Measured values of pH of frozen samples in relation to storage times (0, 180 and 360 days).

Treatments	Storage time		
	0 (zero)	180 days	360 days
C	5.54 ± 0.02 ^a	5.83 ± 0.01 ^a	5.81 ± 0.02 ^a
T1	5.43 ± 0.02 ^a	5.70 ± 0.02 ^a	5.52 ± 0.03 ^a
T2	5.54 ± 0.04 ^a	5.66 ± 0.06 ^a	5.66 ± 0.03 ^a

C: (control), **T1:** 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation, **T2:** 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46 KJ UV-C radiation

^a Means in the same row followed by different lowercase letters differ significantly in relation to storage time ($p < .05$).

Source: the author.

Table 3: Mean values of TBARs (mg Mal / kg) of samples frozen at -18 °C in relation to storage time (0, 90, 180 and 360 days).

Treatments	Storage time			
	0 (zero)	90 days	180 days	360 days
C	0.54±0.02 ^c	0.69±0.01 ^a	0.60±0.02 ^c	1.23±0.03 ^{ab}
T1	0.81±0.04 ^b	0.89±0.03 ^b	0.87±0.04 ^b	1.40±0.05 ^b
T2	1.13±0.04 ^a	1.24±0.03 ^a	1.31±0.03 ^a	1.65±0.03 ^a

C: (control), **T1:** 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation, **T2:** 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46 KJ UV-C radiation. ^a Means in the same row followed by different lowercase letters differ significantly with respect to storage time ($p < 0.05$).

Source: the author.

Table 4: Mean values of the analysis of color (L, a* and b*) of the samples frozen at -18 ° C in relation to storage time (0, 180 days).

Treatments	0 (zero)	180 dias
Luminosity		
C	53.94 ± 0.12 ^a	48.21 ± 0.52 ^a
T1	42.21 ± 0.38 ^b	39.69 ± 0.88 ^b
T2	44.72 ± 0.01 ^b	42.73 ± 0.43 ^b
*a (red)		
C	13.21 ± 0.48 ^a	11.43 ± 0.68 ^a
T1	13.42 ± 0.48 ^a	11.97 ± 0.94 ^a
T2	14.43 ± 0.47 ^a	12.75 ± 0.33 ^a
b*(yellow)		
C	7.45 ± 0.67 ^{ab}	5.13 ± 0.78 ^b
T1	6.14 ± 0.38 ^b	5.39 ± 0.78 ^b
T2	9.22 ± 0.19 ^a	7.19 ± 0.71 ^a

C: (control), **T1:** 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + citric acid 1% (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation, **T2:** 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46 KJ UV-C radiation. ^a Means in the same row followed by different lowercase letters differ significantly in relation to storage time (p <.05).

Source: the author.

Table 5: Mean values of sensory analysis of the samples frozen at -18 °C in relation to storage times (0,180 and 360 days).

Treatments	Storage time		
	0 (zero)	180 days	360 days
C	5.31±1.59 ^b	5.78 ±1.49 ^b	5.80±1.26 ^b
T1	5.66±1.37 ^b	5.80 ±1.64 ^b	5.72±1.33 ^b
T2	6.51±0.94 ^a	6.72 ±1.51 ^a	6.61±1.14 ^a

C: (control), **T1:** 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation, **T2:** 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + 1% citric acid (g / v) + 9.46 KJ UV-C radiation

^a Means in the same row followed by different lowercase letters differ significantly in relation to the storage time (p <0.05).

Source: the author.

Table 6: Mean values of the sensory acceptance test for the attribute pork flavor treated with different doses of organic acids and UV-C irradiation, frozen at -18 ° C.

Treatments	Storage time		
	0 (zero)	180 days	360 days
C	6.00±1.27 ^b	6.08 ± 1.89 ^b	6.10 ± 1.26 ^b
T1	6.51±1.64 ^{ab}	6.88 ± 1.54 ^a	6.82 ± 1.30 ^a
T2	6.81 ± 1.14 ^a	7.00 ± 1.24 ^a	6.91 ± 1.24 ^a

C: (control), **T1:** 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + citric acid 1% (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation, **T2:** 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + citric acid 1% (g / v) + 9.46 KJ UV-C radiation. ^a Means in the same row followed by different lowercase letters differ significantly with respect to storage time (p <.05).

Source: the author.

Table 7: Mean values of the sensory acceptance test for the attribute overall impression of pork treated with different doses of organic acids and UV-C irradiation, frozen at -18 ° C

Treatments	Storage time		
	0 (zero)	180 days	360 days
C	5.76±1.04 ^b	6.02 ± 1.79 ^{ab}	5.57 ± 1.26 ^b
T1	5.96±1.60 ^{ab}	5.48 ± 1.49 ^b	5.69 ± 1.30 ^b
T2	6.31±1.34 ^a	6.78 ± 1.24 ^a	6.89 ± 1.64 ^a

C: (control), **T1:** 1% lactic acid (v / v) + 0.80% ascorbic acid (g / v) + citric acid 1% (g / v) + 5.4 KJ UV-C radiation, **T2:** 1% lactic acid (v / v) + 0.10% ascorbic acid (g / v) + citric acid 1% (g / v) + 9.46 KJ UV-C radiation. ^a Means in the same row followed by different lowercase letters differ significantly in relation to storage time (p <.05).

Source: the author.

REFERENCE

1. GCIIA. GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS – GCIIA. **A irradiação de alimentos: ficção e realidade**. Ficha Descritiva 1-14. 1991.
2. LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Ultraviolet light and food preservation. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G; TAPIA, M.S.; CANO, M.P. **Novel food processing technologies**. New York: CRC, 2005. Chap. 18.
3. GUEDES, A. M. M.; NOVELO, D; MENDES, G.P; CRISTIANINI, M. **Tecnologia de ultravioleta para preservação de Alimentos**. B.CEPPA, Curitiba v. 27, n. 1, p. 59-70 jan./jun. 2009.
4. AGUIAR, A.M.S. et al. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na descontaminação de águas com turbidez e cor moderadas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, n.1, 2, p. 38-47, 20
5. LANARA (Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes**. Métodos Microbiológicos. Brasília, 2001.
6. TERRA, N.N.; BRUM, M.A.R. **Carne e seus derivados: técnicas de controle de qualidade**. São Paulo: Nobel, 1988. 121p.
7. RAHARJO, S.; SOFOS, N. J.;SCHMIDT, R. G. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 40, n.11, p. 2182 – 2185, 1992.
8. DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 2.ed. Curitiba: Champagnat, 1996, 239p.
9. Patterson AH, Brubaker CL and Wendel JF (1993) **A rapid method for extraction of cotton (Gossypium ssp) genomic DNA suitable for RFLP or PCR analysis**. Plant Mol Biol Reprtr 11: 122-127.
10. Farkas, J. **Irradiation as a method for decontaminat ion food**. A review. Intl. J. Food Microbiol., v. 44, p.189-204, 1998.
11. PRACHASITTHISAKDI, Y.; MOSSEL, D. A. A.; VRIES, J.; VANETTEN, P.; WILLIAMS, J. L.; STEGEMAN, H.; FARKAS, J. Lethality and flora shift of the psychrotrophic and mesophilic bacterial association of frozen shrimps and chicken after radication. International Facility for **Food Irradiation Technology**, Wageningen (Netherlandas), August, 1983, 12p.
12. POLLARD, E. C. **Phenomenology of radiation effects on microorganisms**. Handbook of Medical Radiology, L. Diethelm. Springer editors. New York, p. 1, v. 2, 1966.

13. Sant'Ana, A. S.; Araújo, I. O. 2007. Irradiação e a segurança e qualidade microbiológica dos alimentos. **Higiene Alimentar**, 21(151): 37-51.
14. BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Métodos Analíticos Físico-Químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes – Sal e Salmoura – SDA. Instrução Normativa nº 20, de 21/07/99, publicada no Diário Oficial da União, de 09/09/99. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.
15. KANATT, S. R.; CHANDER, R.; SHARMA, A. Effect of radiation processing on the quality of chilled meat products. **Meat Science**, v. 69, n. 2, p. 269-275, 2006.
16. HAMPSON, J. W.; FOX, J. B.; LAKRITZ, L.; THAYER, D. W. Effect of Low Dose Gamma radiation on Lipids in Five Different Meats. **Meat Science** v. 42, n.3, p. 271-276, 1996.
17. NANKE, K. E.; SEBRANEK, J. G.; OLSON, D. G. Color characteristics of irradiated vacuum packaged pork, beef, and turkey. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 6, 1998.
18. DU, M., AHN, D.U., NAM, K.C., SELL, J.L. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. **Meat Science**. V. 56, n.4, p. 387-395, 2000.
19. SILVA, J. A. A **sanitização da carne com ácidos orgânicos**. Parte I. Rev. Higiene Alimentea, São Paulo, v. 13, n. 60, p. 55-62, mar., 1999.
20. HUFFMAN, R. D. Current and future technologies for the decontamination of carcasses and fresh meat. **Meat Science**, Essex, v. 62, n. 3, p. 285–294, Nov. 2002.

4 DISCUSSÃO

Na economia global, a carne suína tem considerável importância na indústria especializada, visto que os consumidores possuem uma maior capacidade de discriminação e não aceitam produtos de baixa qualidade. É fundamental que essa indústria torne disponíveis produtos compatíveis com a demanda, considerando o desejo da população e a segurança dos alimentos que é fundamental para garantir as expectativas um mercado consumidor exigente e se adequar aos pré-requisitos dos países importadores (SOUZA, 2013).

A aplicação de métodos associados como irradiação UV-C, ácidos orgânicos e solução salina acidificada em carnes é indicada como alternativa para a sua conservação, tendo em vista seus diversos benefícios como extensão da vida útil por inibição de reações enzimáticas e redução da microbiota deteriorante e patogênica. Desta forma julgou-se necessário avaliar a eficiência da exposição da carne a métodos combinados de irradiação UV-C, ácidos orgânicos e solução salina acidificada, com o objetivo de aumentar a vida útil da carne suína. Disponibilizando a indústria novas tecnologias e sistemas que diminuam as perdas econômicas e garantam produtos mais seguros e com a qualidade desejada pelo consumidor. Com o presente estudo pode-se constatar que a combinação de métodos associados de irradiação UV-C, ácidos orgânicos, dependendo da dose utilizada foram efetivos no aumento da vida útil da carne suína refrigerada e congelada, principalmente em relação à contaminação inicial.

Segundo a Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos, o limite máximo aceitável para bactérias mesófilas aeróbias em carne in natura é de 7 log UFC/cm² (ICMSF, 1986). Considerando esse dado, pode-se afirmar que os métodos utilizados neste trabalho, com o propósito de reduzir a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e conseqüentemente aumentar a vida útil da carne suína, mostraram-se mais eficientes até os 30 dias de armazenamento enquanto que o controle já aos 15 dias apresentou essa contagem.

Segundo Roça & Serrano (1995), a deterioração da carne tem seu início quando as contagens microrganismos aeróbios mesófilos estão na faixa de 10⁶ log UFC.g⁻¹, com descoloração da superfície. Entre 10⁷ e 10⁸ log UFC.g⁻¹, surgem odores estranhos, entre 10⁸ e 10⁹ log UFC.g⁻¹, ocorrem alterações indesejáveis de sabor, e em contagens por volta de 10⁹ log UFC.g⁻¹, aparece o limo superficial.

A redução significativa na contagem de microrganismos psicrotróficos observados pela aplicação de ácidos orgânicos e solução salina, combinados ou não com a irradiação UV-C foi de aproximadamente 3 ciclos log, durante todo o período de armazenamento, quando comparado à amostra controle, demonstrando com isso a eficiência dos tratamentos durante os 30 dias de armazenamento. O efeito nocivo dos ácidos orgânicos sobre os microrganismos deve-se à diminuição do pH extracelular, causada pela acidez e também à forma não dissociada do ácido, sendo que está aumenta com o aumento da acidez do alimento (ARAUJO, 1999).

A utilização de ácidos orgânicos associados tem por objetivo aumentar a vida útil de carnes através da redução da contagem microbiana e tem mostrado-se mais eficaz contra microrganismos deteriorantes e patogênicos do que cada ácido isoladamente (MELLO; TERRA, 1999).

Aplicações da radiação UV são observadas no processamento de carnes vermelha e peixes. STERMER et al. (1987) obtiveram uma redução de 97% de microrganismos aeróbios mesófilos, com o emprego de $275 \mu\text{Wcm}^{-2}$ por 60 segundos. Esses autores afirmaram que reduções de 2 a 3 ciclos logarítmicos podem ser esperadas se a carne for irradiada com $275 \mu\text{Wcm}^{-2}$ por 15 minutos antes do resfriamento e congelamento.

Conforme Ball (2007), a radiação UV-C, apresenta baixo comprimento de onda e intensa energia, assim como a energia de uma ligação química e a de um fóton, capaz de provocar sérias consequências fisiológicas como, por exemplo, a inativação do DNA, que é vital às funções metabólicas e reprodutivas de microrganismos.

Observou-se a eficiência da associação de radiação UV-C em diferentes doses e/ou a aplicação de solução salina acidificada e diferentes combinações de ácidos orgânicos, visto que impediram o desenvolvimento desses microrganismos, enquanto que as amostras controle apresentaram contaminação ao longo do período de armazenamento. Os microrganismos do grupo coliformes são muito sensíveis à pH baixos e a aplicação de ácidos provavelmente tiveram efeito determinante para o não surgimento de coliformes nas amostras tratadas.

Com os resultados dos três tratamentos, verificou-se que o congelamento a -18°C durante o todo o período de armazenamento, foi decisivo para suína durante 360 dias, sem alterações sensoriais resultantes da contaminação pelas bactérias

psicrotróficas, demonstrando importante contribuição da combinação dos ácidos orgânicos e radiação UV-C.

Pode-se concluir que métodos combinados de radiação UV-C e ácidos orgânicos, conseguem retardar o processo de deterioração da carne por meio da inibição das bactérias psicrotróficas proporcionalmente à dose utilizada.

Não foi encontrada a presença de *Salmonella* sp nas amostras tratadas, indicando que a associação de ácidos orgânicos e irradiação UV-C, foram suficientes para eliminarem a *Salmonella* sp oportunista na carne suína.

Estudos demonstram que a irradiação pode causar o aumento da sensibilidade de microrganismos ao calor (KIM; THAYER, 1996). Portanto, a irradiação de carne crua pode aumentar a segurança dos alimentos, aumentando a sensibilidade da *Salmonella* spp. e de outros patógenos aos processos térmicos posteriores.

Segundo Corlett Jr. e Brown (1980), citados por Silva et al. (2001), a ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos na higienização de carnes resulta de sua ação lipofílica, durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do microrganismo, acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes.

Para Patterson et al. (1993) e Farkas (1998), a radiação promove o aumento do prazo de vida comercial dos alimentos, não só por eliminar parte da contaminação bacteriológica, como por causar danos nas células sobreviventes, aumentando sua sensibilidade para outros fatores utilizados na conservação, fazendo com que sejam destruídas com mais facilidade até que tenham condições de retomarem sua fase de multiplicação, isto é, atuando em sinergismo.

Avaliando os resultados de pH ao longo do armazenamento refrigerado, é possível perceber um aumento deste valor para todas as amostras analisadas, provavelmente decorrentes do aumento do número de microrganismos psicrotróficos. Segundo (TERRA; BRUM, 1988) quando se inicia a produção das enzimas proteases por essas bactérias, estas passam a utilizar aminoácidos ao invés de glicose como substrato de crescimento. A utilização destes compostos leva ao aumento do pH devido a formação de aminas e amoníaco. Por outro lado, as amostras tratadas apresentaram valores dentro do limite máximo de pH para o consumo humano (RIISPOA, 1980), que é de 6,5 aos 25 dias de armazenamento. Reações autolíticas ocasionam a formação de compostos básicos que aumentam o

pH e posteriormente a ação proteolítica das bactérias deterioradoras provocam o mesmo efeito (MOSSEL, 1984), durante armazenamento prolongado.

Para a carne congelada o valor de pH aos 360 dias ainda corresponde à faixa de variação de pH que caracteriza a carne própria para o consumo, quando considerado apenas este parâmetro (BRASIL, 1999).

Para oxidação lipídica o tratamento com 9,46 KJ de radiação UV-C foi o que apresentou valores mais elevados durante os 30 dias de armazenamento, diferindo significativamente dos demais tratamentos, inclusive do controle. Logo, os valores desta pesquisa demonstraram que o processo de irradiação UV-C, acelerou a oxidação lipídica de maneira significativamente e proporcional às doses utilizadas ($p < 0,05$), quando não foram associadas aos diferentes tipos e concentrações de ácidos orgânicos. Conforme Hampson (1996), concluíram que o efeito da irradiação nos lipídios de quatro diferentes carnes (suíno, ovino, bovino e peru), indicaram não haver mudanças significativas nos lipídios com as doses de irradiação abaixo de 10 KJ em todas as carnes estudadas. A concentração de malonaldeído sofreu pequenas alterações, em nível micromolar, proporcional à dose de irradiação, mas somente na carne suína.

Já Kim (1996) verificou que a irradiação das carnes produz mais substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico "TBARS" do que carnes não irradiadas, independente da espécie animal, o que poderia explicar o maior índice de oxidação lipídica no tratamento T6. Esse autor também afirma que a irradiação não somente produz novos compostos voláteis como também aumenta a quantidade de alguns compostos voláteis encontrados em carnes não irradiadas.

Estes resultados sugerem que devem ser realizadas mais pesquisas para verificação das alterações na estabilidade lipídica ocasionadas pela irradiação, devendo ser estabelecida uma dose que concilie sua eficiência em inibir o crescimento da microbiota da carne, porém sem intensificar o processo de oxidação lipídica, que limita o prazo de vida útil e influencia negativamente nos atributos sensoriais.

Os atributos de cor representados pelos valores de L^* mostram que os tratamentos controle e T4 diferiram estatisticamente ($0 < 0,05$) dos demais tratamentos que apresentam menores valores de L^* . Pode-se dizer que a utilização de ácidos orgânicos, irradiação UV-C e solução salina acidificada alterou de forma

significativa a coloração da carne. Dessa forma, a redução do valor de L^* significa que a carne estava mais “escura” e a redução do valor de a^* significa que estava menos vermelha do que o controle e o T4. Millar et al (2001), estudaram o uso de doses de 5KJ em carne de frango, armazenada a 4°C, num período de sete dias e concluíram que no início da estocagem, os valores de L^* não sofreram a ação do processo de irradiação, enquanto que os valores de a^* foram significativamente maiores nas amostras irradiadas, em relação ao controle. Os valores de b^* apresentaram aumento significativo nas amostras irradiadas comparadas com o controle, concordando com os achados desta pesquisa. Em relação a análise sensorial, as médias de aceitação variaram entre 4,8 e 6,96, situando-se entre os termos hedônicos "desgostei ligeiramente" e "gostei ligeiramente". Todos os tratamentos onde foram aplicadas combinações de ácidos orgânicos, solução salina e diferentes doses de radiação UV-C receberam notas indicativas de aprovação da carne suína, ou seja, com valores acima de 6 (gostei ligeiramente).

Isto demonstra que a utilização de ácidos orgânicos e radiação UV não interferiram na aceitação da carne armazenada sob refrigeração a 2°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). Entretanto, o controle aos 15 dias mostrou aspectos de deterioração, não sendo possível levar as amostras à apreciação dos provadores. Aos 10 dias de armazenamento, diferiu significativamente das amostras tratadas, recebendo a pior nota 5,1, o que corresponde a “indiferente” na escala hedônica.

Conforme Azeredo e Faria (2000) sabores estranhos e desagradáveis (*off-flavors*) podem se desenvolver no alimento durante a estocagem, que levam à rejeição dos produtos pelo consumidor. Os dados obtidos em todos os tratamentos deste estudo levam a interpretação de que a irradiação UV-C, ácidos orgânicos e solução salina, produziram uma melhoria na qualidade da carne suína, ao final dos 25 dias. Confirmando os resultados encontrados neste trabalho, Lacroix (2002), observou o efeito benéfico da irradiação da carne suína crua embalada a vácuo com 6 KJ onde aos 43 dias não observaram alteração nos atributos de sabor e aroma, enquanto nas amostras controle, a avaliação sensorial teve que ser interrompida com 28 dias de armazenamento devido ao avançado estado de deterioração.

As indústrias procuram cada vez mais proteger a seus produtos e aos seus consumidores, visando a manutenção das características sensoriais e da vida útil das carnes consumidas. A utilização de métodos associados para conservação está sendo mais eficiente do que a utilização de métodos individuais.

A irradiação associada a ácidos orgânicos é reconhecida como uma excelente tecnologia que favorece a conservação de alimentos, possuindo, no entanto, algumas limitações relativas às características sensoriais das carnes, que podem sofrer alterações como efeitos da irradiação sobre os lipídios presentes na composição cárnea. Estes métodos combinados demonstraram ser uma alternativa viável, com o intuito de preservação da carne suína, porém doses excessivas de ácidos orgânicos e radiação UV-C podem prejudicar a aceitação das carnes.

Contudo, os métodos combinados utilizados neste trabalho tem papel importante na eliminação da microbiota deteriorante e/ou patogênica, aumentando a segurança da carne suína e seu aumento de vida útil. Em geral, o processo aumenta a qualidade higiênica da carne e promove poucas alterações em suas propriedades sensoriais.

Estes métodos, portanto, são grandes aliados nos dias de hoje, quando se deseja aumentar a vida útil de carnes, visando um maior período de comercialização, com os mesmos ou maiores níveis de segurança.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no presente experimento, conclui-se que:

- A combinação de ácidos orgânicos, solução salina com radiação UV-C, em diferentes doses, foram eficientes na redução da microbiota, bactérias aeróbias mesófilas, psicotróficas, coliformes a 35 e 45 °C e *Salmonella* sp em relação às amostras controle, mantendo o pH até os 25 dias de armazenamento da carne suína refrigerada e congelada. Com isso, a aplicação dos tratamentos aumentou a vida útil do produto em 10 dias.
- As amostras tratadas com irradiação apresentaram maiores valores de oxidação lipídica do que o controle. Porém, não afetaram a qualidade da carne suína tratada com associação de radiação UV-C em diferentes doses e/ou a aplicação de solução salina acidificada e diferentes combinações de ácidos orgânicos quanto à oxidação lipídica, mantendo o produto em condições adequadas para o consumo, durante o período analisado, tanto para carne suína refrigerada e congelada.
- A utilização de ácidos orgânicos e radiação UV não interferiram na aceitação da carne suína refrigerada e congelada. Sendo que o controle apresentou aos 15 dias aspectos de deterioração, não sendo possível levar as amostras à apreciação dos provadores. Demonstrando com isso a eficiência dos tratamentos no aumento da vida útil da carne suína.
- As amostras tratadas e controle não apresentaram diferença em relação à cor da carne suína refrigerada e congelada.
- Assim com os resultados obtidos pode-se presumir que a associação de ácidos orgânicos, solução salina acidificada e radiação UV-C, pode ser usada como alternativa na indústria cárnea à medida que fornece carnes mais seguras aos consumidores, sem alterar as suas características sensoriais.

Estes resultados sugerem que devem ser realizadas mais pesquisas para verificação das alterações na estabilidade lipídica ocasionadas pela irradiação, devendo ser estabelecida uma dose que concilie sua eficiência em inibir o crescimento da microbiota da carne, porém sem intensificar o processo de oxidação lipídica, que limita o prazo de vida útil e influencia negativamente nos atributos sensoriais.

REFERÊNCIAS

ABIPECS – Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. 2012. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/news/486/101/Ranking-Mundial---2011.html>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

ADDIS, P. B. Occurrence of lipid oxidation products un foods. **Food Chemistry Toxicological**, v. 24, p. 1021-1025, 1986.

ADDIS, P.B. Occurrence of lipid oxidation products in foods. *Food Chem. Toxicol.* 24(10/11):1021, 1986.

AGUIAR, A.M.S. et al. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na descontaminação de águas com turbidez e cor moderadas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, n.1, 2, p. 38-47, 2002.

AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H.M.; BAJABER, A.S.; Chemical changes alter irradiation and post irradiation storage un tilapia and Spanish Mackerel. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 4, p. 729-733, 1996.

ANDERSON, M. E.; MARSHAL, R. T. & DICKSON, I. S. Efficacies of acetic, lactic and two mixed acids in reducing numbers of bacteria on surfaces of lean meat. **J. Food Sof., Trum Bull**, v.12, p. 139-147, 1992.

ANTIC, D.; BLAGOJEVIC, B.; BUNCIC, S. Treatment of cattle hides with Shellac solution to reduce hide-to-beef microbial transfer. **Meat Science**, Essex, v. 88, n. 3, p. 498–502, Jul. 2011.

ANTIC, D. et al. Treatment of cattle hides with Shellac-in-ethanol solution to reduce bacterial transferability – A preliminary study. **Meat Science**, Essex, v. 85, n. 1, p. 77–81, May. 2010.

ARAÚJO, J. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2ª ed. Viçosa: Editora UFV, 1999. 416p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA - ABIPECS. Estatísticas. Disponível em <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em: 02 mar. 2009.

BACON, R. T.; BELK, K. E.; SOFOS, J. N.; CLAYTON, R. P.; REAGAN, J. O.; SMITH, G. C. Microbial population on animal hides and beef carcasses at different stages of slaughter in plants employing multi-sequential interventions for decontamination. **Journal of Food Protection**, v. 63, p. 1080-1086, 2000.

BALL, D.W. The electromagnetic spectrum: a history. **Spectroscopy**, v. 3, n. 22, p.14-17, 2007.

BARUA, M.; SHELEF, L. A . J. *Food Sci.*, Chicago, 45(2): 349 – 351, **1980**.

BECKER, T. Defining meat quality. In: KERRY, J.; KERRY, J.; LEDWARD, D. (Eds.). **Meat processing: improving quality**. New York: CRC Press, 2002. 451p.

BERNARDI, A. et al. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs inhibit the growth of C6 and U138-MG glioma cell lines. **European Journal of Pharmacology**, v. 532, p. 214-222, 2010.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química de processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001.

BOMAR, M. T. Rapid method for the determination of bacterial surface contamination in carcasses. **Alimenta**, v. 24, p.55-57,1985.

BRASHEAR, G.; BREWER, M.S.; MEISINGER, D.; MCKEITH, F.K. Effect of raw material pH, pump level and pump composition on quality characteristics of pork. **Journal of Muscle Foods**, v.13, n.3, p.189-204, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, seção I, 2001.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução 1/2003. Dispõe sobre a uniformização da nomenclatura de produtos cárneos não formulados em uso para aves e coelhos, suínos, caprinos, ovinos, bubalinos, eqüinos, ovos e outras espécies de animais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 jan. 2003. Seção 1, p. 2.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Brasília, p. 67-89, 1998.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio Brasil 2011/2012 a 2021/2022**. Brasília, abr. 2012a. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-2012%20a%202021-2022%20-%20Sintese\(2\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-2012%20a%202021-2022%20-%20Sintese(2).pdf)>. Acesso em: 10 maio 2012.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **A cadeia produtiva da carne**. 2012b. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=855>>. Acesso em: 12 maio 2012.

BRUM, Eduardo B. de. **Antioxidante Natural de Marcela (Achyrocline satureioides) e de Erva Mate (Ilex paraguariensis) na elaboração de Linguiça Toscana**. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

CASTERA-ROSSIGNOL, A.; BOSQUE, F.; OCL 1994, 1, 131.

CASTRO, H. F. et al. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 146-156, 2004.

CHRISTIAN, L.L. Effect of stress gene on quality. In: **Quality summit**. Des Moines: National Pork Producers Council, 1997, p.35-47.

CORLETT Jr., D. A. & BROWN, M. H. pH and acidity. In: Silliker, J. H. Microbiological ecology of foods, New York, Academic, v.1, p.92-110, 1980.

COSTA, L. B.; MIYADA, V. S. **Ácidos orgânicos na nutrição de suínos**. 2011. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/artigos/post/acidos-organicos-nanutricao-de-suinos>. Acesso em: 03 ago. 2012.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic Microorganisms In: DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium for methods for the Microbiological examination of Foods**. 4 ed. American Public Health Association – APHA, Washington, 2001. 676p. Cap. 13, p. 159-166.

CUDJOE, S. K. The effect of lactic acid spray on the keeping qualities on meat during storage. Int. **J.Food Microbiol.**, Netherlands, n.7(1), p. 1-7, 1988.

CULAU, P.O.V. et al. Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.954-961, 2002.

CUTTER, C.; SIRAGUSA, G. Efficacy of organic acids against *Escherichia coli* 0157:H7 attached to beef carcass tissue using a pilot scale model carcass washer. **Journal of Food Protection**, v. 57, p. 97-103, 1994.

DAVIS, K. J.; SEBRANEK, J. G.; HUFF-LONERGAN, E.; AHN, D.; LONERGAN, S. M.. The effects of irradiation on quality for injected fresh pork loins. **Meat Science**, v.67, n. 3, p. 395-401, 2004.

DIEHL, J. F. **Safety of irradiated foods**. New York: Marcel Denker, 1990. 345p.

_____. Food Irradiation: past, present and future. **Rad. Phys. Chem.**, v. 63, p. 211-215, 2002.

DORSA, W.; CUTTER, C.; SIRAGUSA, G. Effects of acetic acid, lactic acid and trisodium phosphate on the microflora of refrigerated beef carcass surface tissue inoculated with *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria innocua* and *Clostridium sporogenes*. **Journal of Food Protection**, v. 60, p. 619-624, 1997.

European Union. **Report of the Scientific Veterinary Committee (Public Health Section) on the Decontamination of Poultry Carcasses**, v. 7785, p. 89-107, 1996.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food- A review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 44, n.3, 189-204, 1998.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1996.

FERRARI, C.K.B. Oxidação de lipídios e antioxidantes: importância nas ciências animal e dos alimentos. **Revista Higiene Alimentar**. v.13, nº60, p.16-20, março, 1999.

FERNANDEZ, J.; PEREZ-ALVAREZ, J.A.; FERNANDEZ-LOPEZ, J., 1997. Thio-barbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**. 59, 345±353

FORSYTHE, Stephen J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002, 424p.

FRANCO, B. D. G. M. ; LANDGRAF, M. **Microbiologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2004.128p.

FRATAMICO, P.; SCHLTZ F.; BENEDICT, R.; BUCHANAN, R.; COOKE, P. Factors influencing attachment of *E. coli* O157:H7 to beef tissues and removal using selected sanitizing rinses. **Journal of Food Protection**, v. 59, p.453-459, 1996.

FREITA, R. M. **Preservação de Alimentos por Irradiação em baixas doses**. Dissertação. Rio de Janeiro, 2003. 118p. (Mestrado em Ciência de Engenharia Nuclear). 118p. Secretaria de Ciência e Tecnologia, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

GAHAN, C. G. M.; O'DRISCOLL, B.; HILL, C. Acid adaptation of *Listeria monocytogenes* can enhance survival in acidic foods and during milk fermentation. **Applied Environment Microbiology**, v. 62, p. 3128 3132, 1996.

GILL, C.O.; JONES, T. The display life of retail packaged pork chops after their storage in master packs under atmospheres of N₂, CO₂, or O₂+CO₂. **Meat Science**, v. 42, n.2, p.203-213, 1996.

GILL, C.O.; LANDERS, C. Microbiological effects of carcass decontaminating treatments at four beef packing plants. **Meat Science**, 65, p. 1005-1011, 2003.

GIROUX, M.; LACROIX, M. Nutritional adequacy of irradiated meat- a review. **Food Research International**, v. 31, n, 4, 257-264 p., 1998.

GOODING, J.P. et al.; Characterization of striping in freshenhanced pork loins. **Meat Science**, v.81, n.2, p.364-371, 2009.

GOMES, H. A. et al. Effect of gamma radiation on refrigerated mechanically deboned chicken meat quality. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 919-926, 2003.

GORDON, M.H. The mechanism of antioxidant action in vitro. In: HUDSON, B.J.F. (Ed.). **Food antioxidants**. London: Elsevier Applied Science, 1990. p.1-18.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v. 43, p. S111-S123, 1996.

GREER, G.; DILTS, B. Lactic acid inhibition on the growth of spoilage bacteria and cold tolerant pathogens on pork. **International Journal of Food Microbiology**, v. 25, p. 141-151, 1995.

GRACEY, J.; COLLINS, D. S.; HUEY, R. **Meat Hygiene Saunders**, 10 ed. 407p. 1999.

GRUIZ, K; KISS, I. Effect of ionizing radiation on the lipids in frozen poultry. **Acta Alimentaria**, v. 6, n. 2, p.111-127, 1987.

GUERRERO-BELTRÁN, J.A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, v. 3, n.10, p.137-147, 2004.

GUILLÉN-SANS, R.; GUZMÁN-CHOZAS, M. The TBA reaction in foods: a review. **Crit. Rev. Food Science Nutr.** 38: 315-330, 1998.

HAMPSON, J. W. et. al. Effect of Low Dose Gamma radiation on Lipids in Five Different **Meats Meat Science** v. 42, n.3, p. 271-276, 1996.

HAYES, J.E.; DESMOND, E.M.; TROY, D.J. et al. The effect of enhancement with salt, phosphate and milk proteins on the physical and sensory properties of pork loin. **Meat Science**; v.72, n.3, p.380–386, 2006. doi:10.1016/j.meatsci.2005.05.009

HERNANDES, N.K, VITAL, H. C, SABAA-SRUR, A.U.O. **Irradiação de alimentos: Vantagens e Limitações** – Boletim Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos – SBCTA, Campinas, v.37, n.2, p. 154-159, 2003.

HOLMER, S.F. et. al. The effect of pH on shelflife of pork during aging and simulated retail display. **Meat Science**, v.82, n.1, p.86- 93, 2009.

HONIKEL, K.O.; KIM, C.J. Causes of development of PSE pork. **Fleischwirtschaft**, v.66, p.349-353, 1986.

HOOD, S. K.; ZOTTOLA, E. A. Growth media and surface conditioning influence the adherence of *Pseudomonas*, *S. typhimurium* and *L. monocytogenes* cells to stainless steel. **Journal of Food Protection**, v. 60, p.1034-1037, 1997.

HUFF-LONERGAN, E. et. al. Correlations among selected pork quality traits. **Journal of Animal Science**, v.80, n.3, p.617-627, 2002.

HUTZIER, R. U. Utilização da irradiação em carne de aves e produtos derivados. **Revista Nacional da Carne**. v. 22, n.250, p. 34, 1997.

INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION – ICGFI. *Facts about food irradiation*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 1999. Não paginado.

ICMSF. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMFSF). Microbial ecology of foods. 1: Factors affecting life and death of microorganismos. **Academic Press**. London. 259 p., 1980.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION - IDF. **Psychrotrofigs in milk and milk products**, IDF E Doc 8 – Brussel, 1976.

JAMES, C. New developments in decontaminating raw meat. In: **Meat processing: improving quality**. CRC Press: England, 2005, p. 259-282.

JAY, J. M. **Microbiologia Moderna de Los Alimentos**. 3. ed., Zaragoza: Acribia, 2005. 804 p.

JO, C.; AHN, D. Fat reduces volatiles production in oil emulsion system analyzed by purge-and-trap dynamic headspace/Gas chromatography. **Jornal of Food Science**, v. 64. p. 641-643, 1999.

KIM, A.Y.; THAYER, D.W. Mechanism by which gamma irradiation increases the sensitivity of *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 to heat. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.62, p.1759-1763, 1996.

KANATT, S. R. et al.. Lipid peroxidation in chicken meat during chilled storage as affected by antioxidants combined with low-dose gamma irradiation. **Journal of Food Science**,v.63,n. 2,p.198-200,1998

KARAPIRAN F. G.; GONUL. K. Microbiological and sensory attributes of retail cuts of beef treated with acetic and lactic acid solutions. **Journal of Food Protection**, v. 57, p. 665-670, 1982.

KAREL, M.; LUND, D.B. **Physical principles of food preservation**. New York: Marcel Dekker, 2003. Chap. 11.

LACROIX, M.; OUATTARA, B. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products - a review. **Food Research International**, v. 33, p. 719 – 724, 2000.

LAWRIE, R. A. **Ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia. 1996. v. 1, 380 p.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 348p.

LEISTNER, L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. **International Journal of Food Microbiology**, v. 55, n. 1-3, p. 181–186, 2000.

LILLY, K. G. S. et al. Strategies to improve performance and reduce preslaughter *Salmonella* in organic broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 20, n. 3, p. 313-321, sep. 2011.

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Ultraviolet light and food preservation. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G; TAPIA, M.S.; CANO, M.P. **Novel food processing technologies**. New York: CRC, 2005. Chap. 18.

MANI-LÓPEZ, E.; GARCÍA, H. S.; LÓPEZ-MALO, A. Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. **Meat Science**, Essex, v. 45, n. 2, p. 713-721, Mar. 2012.

MARIUTTI, LRB, BRAGAGNOLO, N. Revisão: antioxidantes Naturais da Família Lamiaceae. Aplicação los Produtos Alimentícios. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos** , v.10, n. 2, p. 96-103, 2007.

MELLO, R. V. **O uso de descontaminantes na conservação de carcaças resfriadas**. Santa Maria/RS, 66 p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, 1992.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. **Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos.** Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MIGLIAVACCA, F. Desmistificando a carne suína. **Revista PorkWorld**, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.porkworld.com.br/artigos/post/desmistificando-acarne-de-porco>>. Acesso em: 03 fev. 2012.

MIYAGUSKU, L. et al. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, p. 7-16, **2003**.

MORRISSEY, P.A. et al. Uptake of tocopherol in porcine plasma and tissues. **Meat Science**, v.44, p.275-283, 1996.

OLIVO, R. Tecnologia da Extensão Carne. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Varela, 2006. p.175-184.

ORDOÑEZ PEREDA, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos:** Alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2v., v. 2 , 2005, 279p.

OSLON, D. G. Irradiation of food. **Food Technology**. v. 52, n. 1, p. 56-61, 1998.

OUATTARA, B. et al. Inhibitory effect of organic acids upon meat spoilage bacteria. **Journal of Food Protection**, v. 60, p. 246-253, 1997.

ÖZDEMİR, H. et al. Effects of lactic acid and hot water treatments on Salmonella typhimurium and Listeria monocytogenes on beef. **Food Control**, v. 17, n. 4, p. 299–303, Apr. 2006.

PADILHA, A. D. G. **Antioxidante natural na conservação da carne de frango in vivo**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PEARSON, A. M. et al. Safety implication of oxidized lipid in muscle food. **Food Technology**, july, p. 121-129, 1993.

PETERSON, M. F.; DAMOUGLOU, A. P.; BUICK, R. K. Effect of irradiation on poultry meat and in phosphate-buffered saline. **Letters in Applied Microbiology**, v. 8, n. 5, p. 181-184, 1993.

PINO, L. M. **Estabilidade oxidativa da carne de frangos alimentados com diferentes fontes lipídicas, armazenadas sob congelamento**. 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PIPEK, P. et al. Decontamination of pork carcasses by steam and lactic acid. **Journal of Food Engineering**, 74, p. 224–231, 2006. 2005.

PRASAI, R. K. et al. Microbiological effects of acid decontamination of pork carcasses at various locations in processing. **Meat Science**, v. 32, n. 4, p. 413-423, 1992.

PRÄNDL, O. et al. **Tecnologia e ciência de la carne**. Zaragoza, España: Acribia, 1994. p.356.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C.; TURNBULL, M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 19, n. 1, 1999.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599 p.

RAUECKER, U. N. et al. Uso de ácido peracético na descontaminação de cortes cárneos bovinos. In: I CONGRESSO NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA VETERINÁRIA, 27, 2005, Guarapari. **Resumos...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Saúde Pública Veterinária, 2005, p. 567.

RICKE, S. C. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. **Poultry Science**, v. 82, n. 4, p. 632–639, apr. 2003.

ROPPE, L. **Carne suína: Mitos e Verdades**. I jornada sobre calidad de carne porcina. Córdoba, Argentina, 23 set. 2005.

ROÇA, R.O., SERRANO, A.M., Influência do banho de aspersão antemortem em parâmetros bioquímicos e na eficiência da sangria da carne bovina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p.1107- 1115, 1995.

ROSENVOLD, K. et al. Strategic finishing feeding as a tool in the control of pork quality. **Meat Science**, v.59, n.4, p.397-406, 2001.

ROVER JUNIOR, L.; HÖEHR, N.F.; VELLASCO, A.P.; Sistema antioxidante envolvendo o ciclo metabólico da glutadiona associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo. **Química Nova**. São Paulo, v. 24, n. 1, p. 112-119, 2001.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J. Factors of significance for pork quality - a review. **Meat Science**, v.64, n.3, p.219-237, 2003.

ROWBURY, R. An assessment of environmental factors influencing acid tolerance and sensitivity in *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. **Letters Applied in Microbiology**, v. 20, p. 333-337, 1995.

SAMELIS, J. et al. Effect of acid adaptation on survival of *Escherichia coli* O157:H7 in meat decontamination washing and potential effects of organic acid interventions on the microbial ecology of the meat plant environment. **Journal of Food Protection**, v. 65, p. 33-40, 2002.

SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; SILVA, L.C. **Características da carne suína**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES: Programa Institucional de Extensão, ago. 2007. 6 p.

SATIN, M. **Food irradiation: A guidebook**. 2. ed. Lancaster, PA: Technomic, 1996. 211p.

SILVA SOBRINHO, A. G. et al. Meat quality of lamb submitted to salting. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 369-372, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612004000300011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 out. 2006.

SILVA, M.L. **Efeito de dois métodos de cocção – água e vapor – nos parâmetros de qualidade do músculo Semitendinosus**. Piracicaba, 2004, 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura „Luiz de Queiroz“, Universidade de São Paulo (USP).

SMULDERS, F. J. M.; GREER, G. G. Integrating microbial decontamination with organic acids in HACCP programs for muscle foods: prospects and controversies. **International Journal of Food Microbiology**, v. 44, p. 149-169, 1998.

SMULDERS, F. J. M. et al. Review Lactic Acid: considerations in favours of its acceptance as a meat decontaminant. **Journal of Food Technology**, 21: 419-436. 1986.

STERMER, R.A.; LASATER-SMITH, M.; BRASINGTON, C.F. Ultraviolet radiation – An effective bactericide for fresh meat. **Journal of Food Protection**, v.50, n.2, p.108-111, 1987.

STOPFORTH, J. D. et al. Influence of organic acid concentration on survival of *L. monocytogenes* and *E. coli* 0157:H7 in beef carcass wash water and on model equipment surfaces. **Food Microbiology**, v. 20, p.651-660, 2003.

ST. ANGELO, A. J. Lipid oxidation in foods. **Critical Review Food Science Nutrition**, Cleveland, v. 36, n. 3, p. 175-224, 1996.

TAMBLYN, K. C., CONNER, D. E. Bactericidal activity of organic acids against *Salmonella typhimurium* attached to broiler chicken skin. **Journal of Food Protection**, v. 60, n. 6, p.629–633, 1997.

THAYER, D. W.; BOYD, G.; JENKINS, R. K. Low dose Gamma Irradiation and Refrigerate Storage in vacuo Affect Microbial Flora of Fresh Pork **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 717-719, 733, 1993.

THERON, M M.; LUES, J. F. R. Organic acids and meat preservation: a review. **Food Reviews International**, v. 23, n. 2, p. 141-158, 2007.

TRINDADE, Reginaldo Almeida da. **Influência de antioxidantes naturais sobre perfil lipídico de hambúrgueres bovinos submetidos à irradiação por Co60 e aceleradores de elétrons**. 2007. 112 f.. Tese (Mestrado em Ciência – Tecnologia nuclear) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

ULU, H. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products. *Meat Science*, v. 67, n. 4, p.683-687, 2004

URBAIN, W.M. **Food Irradiation**. Orlando: Academic Press, 315p. 1986.

van NETTEN, P. et al. Fate of low temperature and acid-adapted *Yersinia enterocolitica* and *Listeria monocytogenes* that contaminate lactic acid decontaminated meat during chill storage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 82, p.769-779, 1997.

VITAL, H. C. **Experimentos Dosimétricos no Irradiador Gama do IPE**. V Encontro Nacional de Aplicações Nucleares (ENAM), Rio de Janeiro, RJ, P. 15, Outubro, 2000.

XAVIER, C. V.A.; BERAQUET, N. J. Vida de prateleira de carne mecanicamente separada de frango estocada sob refrigeração. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 91-104, 1994.

YANG, X. et al. Enhanced control of microbiological contamination of product at a large beef packing plant. **Journal of Food Protection**, v. 75, n. 1, p. 144-149, jan. 2012.

YOUNG L.L.; LION C.E. Effect of rigor state and addition of polyphosphate on the color of cooked turkey meat. **Poultry Science**, v.73, p.1149-1152, 1994.

WALLNER-PENDLETON, E. A., SUMNER, S. S., FRONING, G.W., STETSON, L.E. The use of ultraviolet radiation to reduce *Salmonella* and psychrotrophic bacterial contamination on poultry carcasses. **Poultry Science**, v. 73, p.1327-1333,1994.

WITTER, L. D. Psychrotrophic bacteria – A review . **Journal of Food Science**. v. 44, p.983-1015 p. 1961.



