

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

QUALIDADE DE SOBRECOXAS DE FRANGOS
SUBMETIDAS À RADIAÇÃO UV-C

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Jonas Simon Dugatto

Santa Maria, RS, Brasil

2012

QUALIDADE DE SOBRECoxAS DE FRANGOS SUBMETIDAS À RADIAÇÃO UV-C

Jonas Simon Dugatto

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Carne e Derivados, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre José Cichoski

Santa Maria, RS, Brasil

2012

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 Dissertação de Mestrado

**QUALIDADE DE SOBRECOXAS DE FRANGOS SUBMETIDAS À
RADIAÇÃO UV-C**

elaborada por
Jonas Simon Dugatto

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Alexandre José Cichoski, Dr.
(Presidente/Orientador)

Marco Antônio Dalla Costa, Dr.
UFSM

Renata Ernlund Freitas de Macedo, Dr^a.
PUC-PR

Santa Maria, 21 de dezembro de 2012.

*Dedico aos meus pais, pelo amor,
incentivo e entendimento nos momentos de ausência.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jari e Magali, pelo amor, dedicação e incentivo constante. Muito obrigado!

Ao Professor Dr. Alexandre José Cichoski, pela orientação e ensinamentos.

Ao pessoal que participou diretamente do trabalho: Cristine, Heloísa, Marianna, Larissa, Suelem, Leonardo e Deborah.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e ao Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da UFSM, pela possibilidade de realização desse trabalho.

Ao Grupo de Estudo e Desenvolvimento de Reatores Eletrônicos (GEDRE) da UFSM, pela elaboração e disponibilização da câmara de radiação UV-C, auxílio na manutenção e nas dúvidas.

Ao Professor Dr. Roger Wagner, pelos ensinamentos e pelos auxílios.

Aos professores do PPGCTA, pelos conhecimentos transmitidos.

A CAPES, pela bolsa.

A todos os colegas de mestrado, especialmente à Gabrieli e à Caroline pela amizade e convívio diário.

A todos do Núcleo de Tecnologia dos Alimentos, especialmente à Raquel, Matheus, Bruna, Dani, Mari, Jossiê, Carol, Vandrisa, Érica e Tiago.

Ao pessoal do Nidal, pela ajuda e disponibilidade para a realização de algumas análises.

A toda a minha família, pelo incentivo e conselhos.

Aos meus amigos, especialmente ao Henrique, Daniel, Abel, Alexandre, Greice e Luciane, pelas conversas, apoio e companheirismo.

A todos que de alguma forma participaram dessa caminhada.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

Universidade Federal de Santa Maria

QUALIDADE DE SOBRECOXAS DE FRANGOS SUBMETIDAS À RADIÇÃO UV-C

AUTOR: JONAS SIMON DUGATTO

ORIENTADOR: ALEXANDRE JOSÉ CICHOSKI

CO-ORIENTADOR: ROGER WAGNER

Local e Data de Defesa: Santa Maria, 21 de dezembro de 2012.

Durante a linha de abate de frangos, algumas etapas são consideradas críticas, devido à possibilidade de contaminação cruzada entre as carcaças, o que influencia diretamente na vida útil das mesmas. Novas tecnologias que venham a reduzir as contagens microbianas, levando ao aumento da qualidade e vida útil das carcaças são muito bem-vindas. A radiação ultravioleta-C (UV-C) aparece como uma alternativa, pois é um método não térmico, de baixo custo e de fácil aplicação, que já se mostrou letal para vários micro-organismos em superfícies de alimentos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de doses de radiação UV-C de 5,4 e 9,46 kJ/m², aplicadas em duas temperaturas próximas as de etapas do abate (5 e 25 °C), sobre os parâmetros físico-químicos (cor, pH, teor de dienos conjugados, índice de peróxidos, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico e perfil de ácidos graxos) e microbiológicos (bactérias mesófilas aeróbias totais, psicrotróficas e bolores e leveduras) em sobrecoxas de frangos. As análises foram realizadas logo depois de aplicadas as doses (zero dia) e de 3 em 3 dias, durante 12 dias de armazenamento a 5 °C, sendo que o perfil de ácidos graxos foi analisado logo depois de aplicadas as doses e no 6º e 12º dias. O número de colônias das bactérias mesófilas aeróbias totais teve reduções significativas ($p < 0,05$) no 3º, 6º e 9º dias de armazenamento, em ambas as temperaturas de aplicação e logo depois de aplicadas as doses (zero dia) para a aplicação a 25 °C. Em relação às bactérias mesófilas aeróbias totais, a aplicação da radiação UV-C a 5 °C proporcionou tempo de vida útil das carcaças de 9 dias de armazenamento, enquanto que na aplicação a 25 °C, o tempo de vida útil foi de 6 dias. O número de colônias de bactérias psicrotróficas teve reduções significativas ($p < 0,05$) em todos os dias de armazenamento quando aplicada a dose de 9,46 kJ/m² a 5 °C, e somente no 3º e 12º dias, quando aplicada a 25 °C. A partir do 6º dia de armazenamento, o número de colônias de bactérias psicrotróficas foi característico de deterioração, independente do tratamento aplicado. Os bolores e leveduras não foram afetados pela radiação UV-C. De maneira geral, em uma mesma temperatura de aplicação, as doses de radiação UV-C não causaram modificações significativas ($p > 0,05$) em relação às amostras pertencentes ao grupo controle (sem irradiação) em nenhum dos parâmetros físico-químicos, independente do dia de armazenamento. A aplicação da radiação UV-C a 25 °C em relação a 5 °C, promoveu maior formação de dienos conjugados e um menor teor de ácidos graxos poli-insaturados ômega-6 e ômega-3. Dessa forma, a radiação UV-C poderia ser aplicada na indústria após a etapa de resfriamento das carcaças (a 5 °C), devido a não acelerar o início da oxidação lipídica, não diminuir os teores dos ácidos graxos essenciais, e sim apresentar eficiência na redução de bactérias mesófilas aeróbias e psicrotróficas.

Palavras-chave: Radiação ultravioleta-C. Pele de frango. Micro-organismos. Ácidos graxos. Oxidação lipídica. Oxidação proteica.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Food Science and Technology
Federal University of Santa Maria

CHICKEN DRUMSTICKS QUALITY SUBJECTED TO UV-C RADIATION

AUTHOR: JONAS SIMON DUGATTO
ADVISOR: ALEXANDRE JOSÉ CICHOSKI
CO-ADVISOR: ROGER WAGNER

Place and Date of Defense: Santa Maria, December 21, 2012.

During the chicken slaughter line, some steps are considered critical, due to the possibility of cross-contamination among carcasses, which directly influence in the shelf-life of the carcasses. New technologies that reduce the microbial counts, leading to an increase of the quality and shelf-life are very welcome. The ultraviolet-C (UV-C) radiation appears as an alternative, because is a non-thermal method, of low cost and of easy implementation, which has already proved to be lethal to many microorganisms in food surfaces. Thus, this work aimed to evaluate the use of doses of UV-C radiation of 5,4 and 9,46 kJ/m², applied at two temperatures near the slaughter steps (5 and 25 °C), on the physicochemical parameters (color, pH, conjugated dienes content, peroxide value, thiobarbituric acid reactive substances and fatty acid profile) and microbiological (total aerobic mesophilic bacteria, psychrotrophic, yeasts and molds) of chicken drumsticks. The analyses were performed immediately after the doses were applied (zero day) and every 3 days, during 12 days of storage at 5 °C, but the fatty acid profile was analyzed after the doses were applied, and on sixth and twelfth days. The number of colonies of total aerobic mesophilic bacteria had significant reductions ($p < 0,05$) on the third, sixth and ninth days of storage, at both temperatures of application and after the doses were applied (zero day) for the application at 25 °C. Regarding the total aerobic mesophilic bacteria, application of UV-C radiation at 5 °C, provided shelf-life of carcasses of 9 days of storage, whereas at 25 °C, the shelf-life was 6 days. The number of colonies of psychrotrophic bacteria had significant decreases ($p < 0,05$) in all days of storage when applied the dose of 9,46 kJ/m² at 5 °C, and only on the third and on the twelfth days when applied at 25 °C. At the sixth day, the number of colonies of psychrotrophic bacteria was characteristic of deterioration, regardless the treatment applied. The molds and yeasts were not affected by UV-C radiation. Generally, in a same temperature of application, the UV-C radiation doses didn't cause significant changes ($p > 0,05$) compared to the samples from the control group (without irradiation) in any of the physicochemical parameters, independent of the day of storage. The application of UV-C radiation at 25 °C compared to 5 °C, promoted higher formation of conjugated dienes and lower amount of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids. Thus, the UV-C radiation could be applied in industry after the step of cooling carcass (at 5 °C) due to the non-acceleration of initiation of lipid oxidation, the non-diminishing of essential fatty acids and being effective on the reduction of aerobic mesophilic and psychrotrophic bacteria.

Key-words: Ultraviolet-C radiation (UV-C). Chicken skin. Microorganisms. Fatty acids. Lipid Oxidation. Protein Oxidation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a*	Variação entre a cor vermelha (+a*) e a verde (-a*).
AG	Ácido graxo.
AGMI	Ácido graxo monoinsaturado.
AGI	Ácido graxo insaturado.
AGS	Ácido graxo saturado.
AGPI	Ácido graxo poli-insaturado.
b*	Variação entre a cor amarela (+b*) e a azul (-b*).
CP	Componente principal.
DCs	Dienos conjugados.
DNPH	Dinitrofenilhidrazina.
DNA	“ <i>Deoxyribonucleic Acid</i> ”, ácido desoxirribonucleico.
FAO	“ <i>Food and Agricultural Organization</i> ”, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura.
FAMEs	“ <i>Fatty acids methyl esters</i> ”, ésteres metílicos de ácidos graxos.
IAEA	“ <i>International Atomic Energy Agency</i> ”, Agência Internacional de Energia Atômica.
IP	Índice de peróxidos.
Kcal/mol	Quilocaloria/mol.
kGy	Quilogray.
kJ/m²	Quilojoule/metro quadrado.
Log	Logaritmo.
L*	Luminosidade, variando de 0 (preto) até 100 (branco).
LDL	“ <i>Low-Density Lipoproteins</i> ”, lipoproteínas de baixa densidade.
MDA	Malonaldeído.
meq	Miliequivalente.
MeV	Mega elétron-volt.
min	Minuto.
nm	Nanômetro.
n-3	Ácidos graxos da família ômega-3.
n-6	Ácidos graxos da família ômega-6.
pH	Potencial hidrogeniônico.
PCA	“ <i>Principal Component Analysis</i> ”, análise de componentes principais.
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada.
rpm	Rotações por minuto.
SDS	Dodecilsulfato de sódio.
TBARS	“ <i>Thiobarbituric Acid Reactive Substances</i> ”, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.
TCA	Ácido tricloroacético.
UFC	Unidades Formadoras de Colônias.
UV	Ultravioleta.
UV-C	Ultravioleta-C.
WHO	“ <i>World Health Organization</i> ”, Organização Mundial da Saúde.
W/m²	Watts/metro quadrado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Mercado e processamento da carne de frango.....	13
3.2 Características da carne e da pele de frango.....	15
3.2.1 Lipídeos e oxidação lipídica.....	16
3.2.2 Ácidos graxos.....	18
3.2.3 Proteínas e oxidação proteica.....	19
3.2.4 pH.....	21
3.2.5 Cor.....	21
3.3 Micro-organismos em frango.....	22
3.4 Irradiação em alimentos.....	23
3.4.1 Radiação Ultravioleta (UV).....	26
4 MANUSCRITOS	
4.1 Manuscrito 1 – Efeito da radiação ultravioleta, aplicada em diferentes temperaturas, sobre a carga microbiana, pH e cor de peles de sobrecoxas de frangos durante período de armazenamento.....	31
Introdução.....	32
Materiais e Métodos.....	33
Resultados e Discussão.....	36
Conclusão.....	39
Referências.....	40
4.2 Manuscrito 2 – Parâmetros físico-químicos da superfície de sobrecoxas de frangos submetidas à radiação ultravioleta-C.....	47
Introdução.....	48
Materiais e Métodos.....	49
Resultados e Discussão.....	55
Conclusões.....	60
Referências Bibliográficas.....	60
5 DISCUSSÃO GERAL	72
6 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
APÊNDICES	90
ANEXOS	92

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial e em 2011 foi o primeiro maior exportador da carne de frango (ABEF, 2012). Estudos apontam que até 2020, a carne de frango estará conquistando a preferência mundial e superando a carne suína, até agora a mais consumida do globo (RABOBANK, 2010).

A carne é um alimento rico em proteína de alta qualidade, minerais e vitaminas do complexo B. Além disso, motivos como saciedade e apelo sensorial tornam a carne um dos alimentos mais consumidos no mundo (DAMODARAN et al., 2010). A carne de frango, devido às altas concentrações de ácidos graxos poli-insaturados (AGPIs), apresenta problemas relacionados com a oxidação lipídica (RACANICCI et al., 2008).

Com o aumento da produção, exportação, diversificação de produtos e industrialização, torna-se necessário a adequação de uma vida de prateleira mais longa e boa qualidade da matéria-prima (PADILHA, 2007). Durante o processamento e a estocagem dos alimentos, a cor, a textura, o sabor e as qualidades nutricionais devem ser preservados, havendo sempre um compromisso entre a qualidade e a segurança dos alimentos (CARPENTER et al., 2001). Para isso ocorrer, a indústria precisa de métodos que sejam eficientes no controle de micro-organismos deteriorantes e que, ao mesmo tempo, não causem danos à composição do alimento nem deixem resíduos oriundos de sua utilização.

O uso de radiação em alimentos é um método eficaz e aconselhável na redução do número de colônias de micro-organismos, de acordo com várias evidências científicas. Diversos órgãos internacionais e vários países já aprovaram o seu uso em alimentos, porém a indústria de alimentos ainda utiliza muito pouco essa tecnologia (STEFANOVA et al., 2010). Os principais estudos da aplicação da radiação em alimentos são com radiação gama e, particularmente em carnes, seu uso leva a reduções significativas no número de colônias de diversos micro-organismos (SPOTO et al., 1999; JAVANMARD et al., 2006, CARDOSO, 2008). Entretanto, algumas modificações em parâmetros das carnes são induzidas, como alterações na cor e aumento dos teores de oxidações lipídica e proteica (KANATT et al., 1998; MILLAR et al., 2000; GOMES et al., 2003; ROWE et al., 2004; CARNICAZES, 2008).

A radiação ultravioleta, com comprimento de onda de 254 nm, região do ultravioleta-C (UV-C), caracteriza-se por ter propriedades germicidas (BINTSIS et al., 2000). Vários tipos de carne podem ser tratados com radiação UV-C na superfície para redução da carga

microbiana antes de serem refrigeradas (GUERRERO-BELTRÁN & BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

Estudos comprovam a eficiência da radiação UV-C na diminuição do número de colônias de micro-organismos em carne de frango (LYON et al., 2007; CHUN et al., 2010), porém, avaliam apenas possíveis efeitos da radiação UV-C sobre a cor, pH e índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da carne. Dessa forma, a utilização da radiação UV-C é considerada benéfica do ponto de vista microbiológico, entretanto, somando-se a uma avaliação físico-química é que se poderá assegurar se as propriedades e características do alimento sofrerão modificações.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos de diferentes doses de radiação UV-C, aplicadas em diferentes temperaturas, em peles de sobrecoxas de frangos durante período de armazenamento a 5 °C.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar os efeitos da radiação UV-C, aplicada em diferentes doses (0 [controle], 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m²) e temperaturas (5 °C e 25 °C), sobre o número de colônias das bactérias mesófilas aeróbias totais, bactérias psicrótróficas e bolores e leveduras em peles de sobrecoxas de frangos logo após irradiadas e no 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento a 5 °C.

- Determinar os efeitos da radiação UV-C, aplicada em diferentes doses (0 [controle], 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m²) e temperaturas (5 °C e 25 °C), sobre todas as etapas da oxidação lipídica de peles de sobrecoxas de frangos logo após irradiadas e no 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento a 5 °C.

- Determinar os efeitos da radiação UV-C, aplicada em diferentes doses (0 [controle], 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m²) e temperaturas (5 °C e 25 °C), sobre o perfil de ácidos graxos de peles de sobrecoxas de frangos logo após irradiadas e no 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento a 5 °C.

- Determinar os efeitos da radiação UV-C, aplicada em diferentes doses (0 [controle], 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m²) e temperaturas (5 °C e 25 °C), sobre a oxidação proteica de peles de sobrecoxas de frangos logo após irradiadas e no 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento a 5 °C.

- Determinar os efeitos da radiação UV-C, aplicada em diferentes doses (0 [controle], 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m²) e temperaturas (5 °C e 25 °C), sobre a cor de peles de sobrecoxas de frangos logo após irradiadas e no 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento a 5 °C.

- Determinar os efeitos da radiação UV-C, aplicada em diferentes doses (0 [controle], 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m²) e temperaturas (5 °C e 25 °C), sobre o pH de peles de sobrecoxas de frangos logo após irradiadas e no 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento a 5 °C.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mercado e processamento da carne de frango

O consumo de carne de frango tem crescido em vários países devido a seus benefícios à saúde e valor nutricional (CHOULIARA et al., 2007).

A moderna avicultura brasileira, como hoje a conhecemos, começou a ser desenvolvida no início da segunda metade do século passado. Até então, a atividade constituía mera pecuária de subsistência (OLIVO, 2006).

No Brasil, a avicultura é uma das atividades mais avançadas tecnologicamente, principalmente a de corte, com níveis de produtividade similares a países mais desenvolvidos, o que contribui de forma significativa para o fornecimento de proteína animal de baixo custo e geradora de riquezas para o país (NOVELLO et al., 2008).

Gonçalves (2008) conclui que, acompanhando as mudanças no estilo de vida da sociedade no exterior e no Brasil, as necessidades e preferências dos consumidores foram se modificando e a indústria teve que se adaptar a elas. Maiores volumes de frango em cortes ou desossados passaram a ser requeridos pelos consumidores em substituição às aves comercializadas inteiras.

A produção de carne de frango chegou a 13,058 milhões de toneladas em 2011, sendo que com esse desempenho, o Brasil se aproximou da China, hoje o segundo maior produtor mundial, cuja produção em 2011 somou 13,200 milhões de toneladas. As exportações de carne de frango somaram 3,94 milhões de toneladas em 2011, o que representou 31% do volume total de frangos produzidos pelo país e 40,25% das exportações mundiais (ABEF, 2012).

O processamento moderno de aves envolve uma capacidade de abate de 6.000 ou mais aves por hora, dependendo do grau de mecanização e automação (DUARTE et al., 2009).

No processo de industrialização do frango, este é submetido a várias etapas, durante as quais os micro-organismos podem se aderir aos equipamentos, e perdurar na água dos tanques de pré-resfriamento, contaminando as carcaças (ISOLAN, 2007). A carne de aves refrigerada é susceptível à contaminação, uma vez que na própria linha de abate existem pontos críticos,

como o tanque de escalda, as depenadeiras, a linha de evisceração e o tanque de resfriamento, nos quais podem ocorrer contaminações cruzadas entre as carcaças (CARDOSO, 2008).

A figura 1 mostra as principais etapas do abate de frangos.

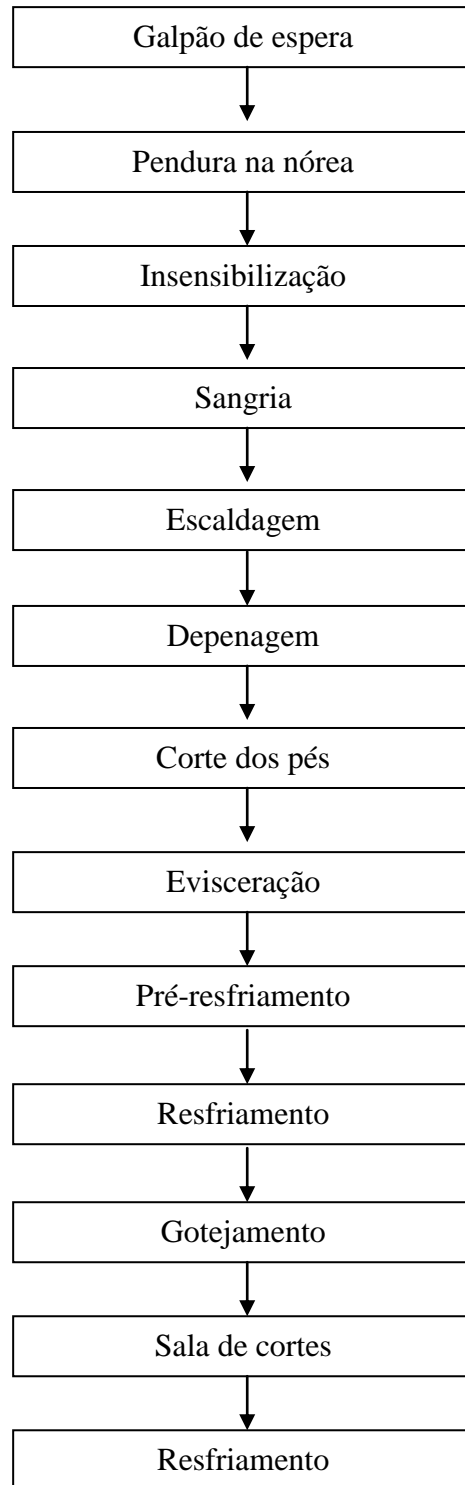


Figura 1 - Fluxograma representativo do abate de frangos (Adaptado de OLIVO, 2006).

O rápido abaixamento da temperatura da carcaça tem como função primária inibir o desenvolvimento microbiológico. O método adotado pelas empresas brasileiras é o resfriamento por água, que consiste na passagem da carcaça por tanques contínuos. Esses tanques são popularmente denominados de *chillers* (OLIVO, 2006).

O primeiro tanque é denominado *pré-chiller* (ou pré-resfriamento). Além de promover o abaixamento da temperatura muscular, este estágio tem como função lavar a carcaça, removendo resíduos de sangue, a microflora contaminante e outras matérias orgânicas indesejáveis para a boa conservação e qualidade do produto (OLIVO, 2006). Antes de entrar no *pré-chiller*, as carcaças apresentam temperatura em torno de 35 °C (COTTA, 2003). O tempo de residência neste tanque nunca pode ser superior a 30 minutos (BRASIL, 1998). Ao final do primeiro tanque, as carcaças apresentam a temperatura em torno de 25 °C (OLIVO, 2006).

Após o *pré-chiller*, as carcaças entram no tanque de resfriamento principal, denominado de *chiller*. Nessa fase, o tanque recebe água gelada e deve operar com temperatura menor do que 4 °C (OLIVO, 2006). A temperatura máxima no final do processo deverá ser igual ou inferior a 7 °C (BRASIL, 1998).

Existem controvérsias em relação ao resfriamento por imersão em água sobre a contaminação microbiana. Alguns autores afirmam que, por as carcaças estarem em água abundante, além do resfriamento, ocorre a redução da carga microbiana na superfície do produto (ALLEN et al., 2000; YOUNG & SMITH, 2004; GRILL et al., 2006). Entretanto, outros autores afirmam que existe o perigo de contaminação cruzada pela água de imersão, sendo, portanto, necessário sua constante renovação (BERGMANN & RITTER, 2006; CARDOSO, 2008).

Bersot et al. (2002 apud SANT'ANNA, 2008, p. 24) afirmam que caso não haja uma perfeita renovação de água no tanque, controle de temperatura e teor de cloro, pode ocorrer aumento da contaminação microbiana das carcaças. Segundo a legislação brasileira, a água de renovação do sistema de pré-resfriamento sobre imersão pode ser hiperclorada, com no máximo 5 ppm de cloro livre (BRASIL, 1998).

3.2 Composição fisiológica e físico-química da pele de frango

A biota deteriorante da carne de frango se restringe às superfícies e à pele, pois elas foram contaminadas pela água, pelo processamento e pelo manuseio das aves (JAY, 2005).

A pele é uma porção bastante significativa do peso do animal vivo, na ordem de 4 a 11% e em consequência é um dos produtos mais valiosos obtidos dos animais (OCKERMAN & HANSEN, 1994). A composição química da pele varia com a idade do animal, sexo e nível de gordura (ROSA, 2000). Em uma análise de pele frango, encontrou-se a seguinte composição centesimal: 53,3% de umidade, 35,1% de gordura, 12,7% de proteína, 2,03% de nitrogênio e 0,5% de cinzas (FOOD STANDARDS, 2010).

3.2.1 Lipídeos e Oxidação Lipídica

O termo lipídeos refere-se a um amplo grupo de compostos quimicamente diversos que são solúveis em solventes orgânicos (DAMODARAN et al., 2010). Os lipídeos podem ser distintos em duas frações básicas: a fosfolipídica, que compõe membranas de células e de organelas e a triglicéridica, que constitui os lipídeos neutros, presentes em adipócitos ou no interior de células musculares, que representam uma fonte de reserva energética (FERRARI, 1998).

Os lipídeos são importantes componentes dos produtos cárneos, conferindo características desejáveis de suculência, sabor, aroma, valor nutricional e propriedades tecnológicas (SHIMOKOMAKI et al., 2006).

Contudo, eles são facilmente oxidáveis, levando à rancificação, com a produção de toxinas indesejáveis e comprometendo a qualidade e a vida útil dos produtos (SHIMOKOMAKI et al., 2006). As alterações que ocorrem nos compostos lipídicos normalmente resultam no desenvolvimento de odores e sabores indesejáveis que levam à rejeição do alimento, reduzindo seu tempo de comercialização (OETTERER et al., 2006).

A sobrecoxa de frango é a que apresenta os maiores teores de lipídeos dentre as partes do frango, tanto com pele quanto sem pele (UNICAMP, 2006).

A oxidação lipídica em carnes envolve os lipídeos poli-insaturados das membranas celulares e está relacionada também com a oxidação dos pigmentos das carnes, provocando perda da cor (BRUM, 2004). A oxidação lipídica promove a modificação da cor de carnes, pela transformação do pigmento oximioglobina, de coloração vermelho brilhante, em metamioglobina, tornando a carne marrom-acinzentada, aspecto que o consumidor rejeita

(FERRARI, 1998). Tem sido sugerido que os radicais livres gerados durante a oxidação lipídica podem iniciar a oxidação da oximioglobina (O'GRADY et al., 2001). A oxidação lipídica e a oxidação do pigmento heme são reações físico-químicas, podendo ser potencializadas por ação microbiológica (PADILHA, 2007).

A oxidação lipídica inicia com a abstração de hidrogênio de ácidos graxos para a formação de radicais alquil que, em ácidos graxos poli-insaturados, podem ser estabilizados por ressonância formando ligações duplas conjugadas (DAMODARAN et al., 2010). Os radicais produzidos propagam a reação pela reação com o oxigênio atmosférico produzindo radicais peroxil. A abstração de um hidrogênio de outro ácido graxo insaturado resulta na formação de hidroperóxidos (WHEATLEY, 2000; DAMODARAN et al., 2010).

Os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação lipídica, não possuem um odor desagradável, mas, na sequência das reações, serão decompostos a uma variedade de produtos voláteis e não-voláteis, estes sim com odor pronunciado (BRUM, 2004). A peroxidação lipídica causa degradação de AGPI e gera produtos residuais, como o malonaldeído (MDA) e derivados voláteis de lipídeos, o que pode levar a degradação nutricional e sensorial (GRAY, 1996).

Os principais produtos primários da oxidação lipídica, os hidroperóxidos, são relativamente instáveis e essencialmente inodoros, e decompõe-se em uma gama ampla de compostos secundários, incluindo alcanos, alcenos, aldeídos, cetonas, álcoois, ésteres, ácidos e hidrocarbonetos. Destes compostos, os aldeídos são considerados os mais importantes produtos de degradação porque possuem baixos limiares de detecção e são os principais contribuintes para o desenvolvimento de *off-flavors* e odor de ranço (ROSS & SMITH, 2005).

As etapas da oxidação lipídica podem ser vistas na figura 2.

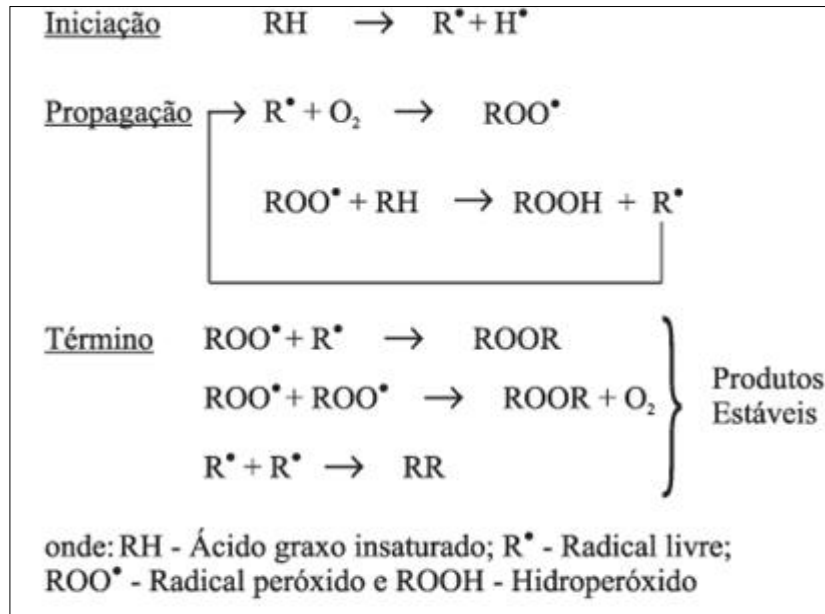


Figura 2 – Etapas da oxidação lipídica (RAMALHO & JORGE, 2006).

3.2.2 Ácidos Graxos

Os componentes principais dos lipídeos são os ácidos graxos, compostos que contêm uma cadeia alifática e um grupo ácido carboxílico. Os ácidos graxos costumam ser classificados como saturados e insaturados, sendo que os insaturados apresentam ligações duplas (DAMODARAN et al., 2010).

A composição de ácidos graxos e colesterol na carne têm recebido um interesse crescente, considerando as suas implicações para a saúde humana e qualidade do produto (ALFAIA et al., 2006).

Sobre a composição de ácidos graxos, estudos de intervenção nutricional têm reforçado a restrição de consumo de ácidos graxos saturados (AGS) e colesterol dietéticos e o aumento do consumo de ácidos graxos essenciais, especialmente da família *n*-3, na redução de risco de doença cardiovascular (ALMEIDA, 2002). Embora seja necessário à saúde humana, o consumo de AGS está relacionado com altas concentrações de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e colesterol sérico, um fator de risco para as doenças do coração (POTENÇA et al., 2010).

A razão de ácidos graxos poli-insaturados (AGPIs) com ácidos graxos saturados e a razão dos AGPIs *n-6/n-3* são amplamente utilizadas para avaliar o valor nutricional dos AGs (ALFAIA et al., 2006). Uma razão *n-6/n-3* baixa é desejável para redução dos riscos de várias doenças inflamatórias crônicas e aterosclerose (SIMOPOULOS, 2002). Uma alta razão de ácidos graxos insaturados/saturados na dieta pode ser desejável, pois isso poderia diminuir a susceptibilidade do indivíduo às doenças cardiovasculares em geral, às doenças coronarianas e às doenças cerebrais em particular (LAWRIE, 2005).

Ainda, os ácidos graxos poli-insaturados ômega atuam em processos fisiológicos normais, sendo responsáveis pela geração e estocagem de energia; manutenção da estrutura, integridade e funcionamento das membranas plasmáticas e na síntese de eicosanóides (SANT'ANA, 2004).

Sheu & Chen (2010) observaram que não há diferença significativa entre o perfil de ácidos graxos da pele, do tecido adiposo e da carne de frango. A composição em ácidos graxos da carne de frango é uma combinação da deposição direta de ácidos graxos através da dieta, com a síntese endógena de lipídeos (CORTINAS et al., 2004).

Comparado com outras fontes de gordura animal, o frango tem as mais altas quantidades de ácidos graxos insaturados, entre 65-68% (MOTTRAM et al., 2001; LEE & FOGLIA, 2000). O teor de ácidos graxos poli-insaturados da carne de frango também tem sido relatado por ser mais alto do que o de outras carnes, incluindo ácidos graxos *n-3* (JAHAN et al., 2004).

A formação de óxidos de colesterol, as alterações na composição de ácidos graxos e a consequente formação de compostos voláteis provenientes da oxidação lipídica, possuem um papel de destaque dentre os fatores responsáveis pela perda de qualidade e das características nutricionais durante o processamento e o armazenamento da carne de frango (MARIUTTI & BRAGAGNOLO, 2009).

3.2.3 Proteínas e Oxidação Proteica

A carne é uma excelente fonte de proteínas, uma vez que a composição de seus aminoácidos é muito próxima aos aminoácidos essenciais necessários à dieta humana (DAMODARAN et al., 2010).

As reações oxidativas afetam a qualidade do alimento, mas elas também têm um impacto sobre a carga e a conformação da estrutura tri-dimensional das proteínas (exposição dos grupos hidrofóbicos, mudanças na estrutura secundária e grupos dissulfetos), perda de atividade enzimática, e mudanças no valor nutritivo (perda de aminoácidos essenciais). Proteínas modificadas terão propriedades funcionais diferentes das não modificadas, sua emulsificação, formação de espuma, gelificação, e propriedade de retenção de água podem ser afetadas, assim como a textura do alimento será mudada (VILJANEN, 2005). Alterações na susceptibilidade de substratos proteicos para com enzimas proteolíticas têm sido consideradas como a maior causa para a baixa digestibilidade das proteínas e por isso, menor valor nutricional das proteínas oxidadas (LUND et al., 2011).

A carbonilação é uma modificação não enzimática e irreversível de proteínas que envolve a formação de grupos carbonilas induzida pelo estresse oxidativo e outros mecanismos. A determinação de grupos carbonil nas proteínas oxidadas tem se tornado um dos métodos bioquímicos mais utilizados na investigação do dano oxidativo proteico (REZNICK & PACKER, 1994; ESTÉVEZ, 2011). A oxidação direta das cadeias laterais de aminoácidos como lisina, arginina, treonina e prolina tem sido destacada como o principal caminho para a oxidação proteica. A abstração de um átomo de hidrogênio de um carbono vizinho a um grupo amino por espécies reativas de oxigênio leva à formação de um radical carbono. Posteriormente, formas oxidadas de íons metálicos como ferro e cobre aceitam esse elétron do radical carbono, formando um grupo imino, o qual é espontaneamente hidrolisado formando o aldeído correspondente (LUND et al., 2011; ESTÉVEZ, 2011).

Produtos primários da oxidação lipídica (hidroperóxidos) e produtos secundários da oxidação lipídica (aldeídos e cetonas) podem reagir com proteínas, e causar a oxidação protéica (VILJANEN, 2005). O início da oxidação lipídica em sistemas cárneos acontece mais rapidamente do que a oxidação das proteínas musculares e, assim, radicais e hidroperóxidos formados a partir de lipídeos insaturados atacariam cadeias laterais susceptíveis de aminoácidos produzindo carbonilas (LUND et al., 2011; ESTÉVEZ, 2011).

As proteínas que estão na pele são do tipo colágeno e são geralmente de qualidade superior àquelas obtidas dos ossos (ROSA, 2000). Suas moléculas são compostas por tríplexes cadeias polipeptídicas, chamadas cadeias α que assumem um arranjo helicoidal, possuindo uma sequência repetitiva lógica de aminoácidos Glicina-Prolina-Hidroxiprolina (ALMEIDA, 2004). São encontrados de 20 a 21 aminoácidos em diferentes tipos de colágeno. Os aminoácidos não-essenciais (glicina, prolina, hidroxiprolina, arginina, alanina) constituem 2/3 dos resíduos e os aminoácidos essenciais (metionina, tirosina, histidina) entram em pequena

quantidade, sendo que cisteína e triptofano estão comumente ausentes (OLIVO, 1995; ROSA, 2000).

3.2.4 pH

As carnes e os produtos marinhos, em função de seu pH, são altamente suscetíveis à multiplicação dos micro-organismos presentes, incluindo tanto os bolores e as leveduras como as bactérias (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

O metabolismo pós-morte faz com que ocorra decréscimo no pH do valor fisiológico de aproximadamente 7,4 para pH de 5,5-5,9 na carne vermelha e na carne de frango (DAMODARAN et al., 2010). Para carne de sobrecoxa desossada manualmente, os valores considerados normais de pH estão entre 5,8 e 6,2 (BERAQUET, 2000).

3.2.5 Cor

A cor da carne depende dos fatores intrínsecos e extrínsecos, mas principalmente, da quantidade de mioglobina presente, a qual varia de teor para cada espécie e músculo (SHIMOKOMAKI et al., 2006). A cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes, como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne (GAYA & FERRAZ, 2006).

A cor da pele e da carne de frango é influenciada por inúmeros fatores de produção, manuseio e processamento. As alterações da pele e da cor da carne que ocorrem durante o armazenamento são variáveis, e dependem do processamento e das condições de armazenamento (PETRACCI & FLETCHER, 2002).

A aparência da carne é uma das primeiras características observadas pelos consumidores, sendo a cor um importante atributo de qualidade que influencia a aceitação do consumidor na compra da carne de frango e, geralmente, os consumidores rejeitam aquela carne que não possui uma pigmentação esperada (FLETCHER, 2002). Peles claras e perfeitas, de cor homogênea, consistência elástica são parâmetros de qualidade. A pele da ave deve ser

úmida, mas não molhada. A cor deve ser sempre clara, entre amarelo e branco, sem manchas escuras (CARDOSO & ARAÚJO, 2001).

Apesar de os métodos antimicrobianos serem estudados como tratamentos de intervenção para prolongar a vida de prateleira e controlar patógenos, geralmente pesquisadores apenas avaliam o crescimento microbiano e prestam menos atenção aos efeitos causados pelos antimicrobianos à cor (MANCINI & HUNT, 2005).

3.3 Micro-organismos em frango

A carga microbiana das carcaças de frango e seus derivados é representada por uma microbiota oriunda, principalmente, das aves vivas e, outra parte, incorporada em qualquer uma das etapas do abate ou do processamento (ISOLAN, 2007).

O crescimento inicial de micro-organismos se concentra primeiramente nas superfícies das aves, sendo que os tecidos que se encontram logo abaixo da pele se mantêm praticamente livres de bactérias por algum tempo (JAY, 2005).

A deterioração da carne de frango causada por micro-organismos geralmente restringe-se às superfícies externas, caracterizando-se pela formação de odores indesejáveis, limosidade e descoloração (PADILHA, 2007). A microbiota natural da carne fresca é constituída por diversos micro-organismos, sendo que os mais comumente encontrados são *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Moraxella*, *Shewanella*, bactérias lácticas e enterobactérias (CARDOSO, 2008).

Os micro-organismos mesófilos são aqueles que têm a temperatura ótima de multiplicação entre 25 °C e 40 °C e os aeróbios aqueles que têm sua multiplicação favorecida pela presença de oxigênio. A faixa de pH ótima para o seu crescimento é entre 6,5 e 7,5. Eles correspondem à grande maioria daqueles de importância em alimentos, inclusive a maior parte dos patógenos de interesse (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

A presença dessas bactérias é indicadora das condições higiênico-sanitárias do local de preparo, sendo a avaliação dessa contagem comumente empregada como indicação de qualidade na produção de alimentos (SILVA JÚNIOR, 2005). A sua presença em grande número indica falhas durante a produção (CARDOSO et al., 2005).

Os micro-organismos psicrotróficos são aqueles que possuem a capacidade de crescer entre 0 a 7 °C, mas também em temperaturas tão altas como 43 °C (JAY, 2005). Cousin et al.

(1992) afirmam que psicrotróficos podem ser definidos como os micro-organismos que possuem capacidade de crescimento a $7\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ dentro de 7 a 10 dias. O pH ótimo para o crescimento da maioria das bactérias psicrotróficas se encontra entre 6,6 e 7,0 (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

Os micro-organismos psicrotróficos multiplicam-se bem em alimentos refrigerados, sendo os principais agentes de deterioração de carnes, pescados, ovos, frangos e outros. Nesse grupo podem ser incluídos os seguintes gêneros: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* e outros (FRANCO & LANDGRAF, 1996). As *Pseudomonas* constituem o mais importante grupo de bactérias responsáveis pela deterioração de alimentos frescos refrigerados (JAY, 2005).

Os micro-organismos psicrotróficos que predominam nas carcaças podem multiplicar-se, mesmo que lentamente, em temperaturas iguais ou inferiores a 0 °C e são responsáveis por grande parte das alterações dos produtos, o que faz com que a vida comercial das carnes de aves dependa tanto da conservação quanto do número de micro-organismos presentes após a sua obtenção (VIEIRA & TEIXEIRA, 1997).

A presença de bolores e leveduras pode tornar-se um perigo à saúde pública devido à produção de micotoxinas pelos bolores (FRANCO & LANDGRAF, 1996). Devido à sua constante presença nas etapas de processamento da carne, vários gêneros de bolores podem ser encontrados, incluindo *Penicillium*, *Mucor* e *Cladosporium*. As leveduras mais encontradas em carnes e aves fazem parte dos gêneros *Candida* e *Rhodotorula* (JAY, 2005).

A enumeração de bolores e leveduras é indicativa de matérias-primas de má qualidade ou falha higiênica ao longo do processamento. Dessa forma, elevadas contagens destes micro-organismos em alimentos resultarão na redução de sua vida de prateleira (SANT'ANA & CORREA, 2006).

3.4 Irradiação em alimentos

O espectro eletromagnético é o conjunto dos diferentes tipos de radiação eletromagnética. O espectro eletromagnético abrange um amplo intervalo de comprimentos de onda (e conseqüentemente de frequências) indo desde ondas muito longas, e conseqüentemente de baixas frequências (rádio), passando pelas ondas de infravermelho e

ondas de luz visível até chegar a frequências muito altas (o que corresponde a comprimentos de ondas curtos) dos raios X e raios gama (MATOS, 2003).

A figura 3 ilustra o espectro eletromagnético e classifica as radiações de acordo com sua capacidade de ionização.

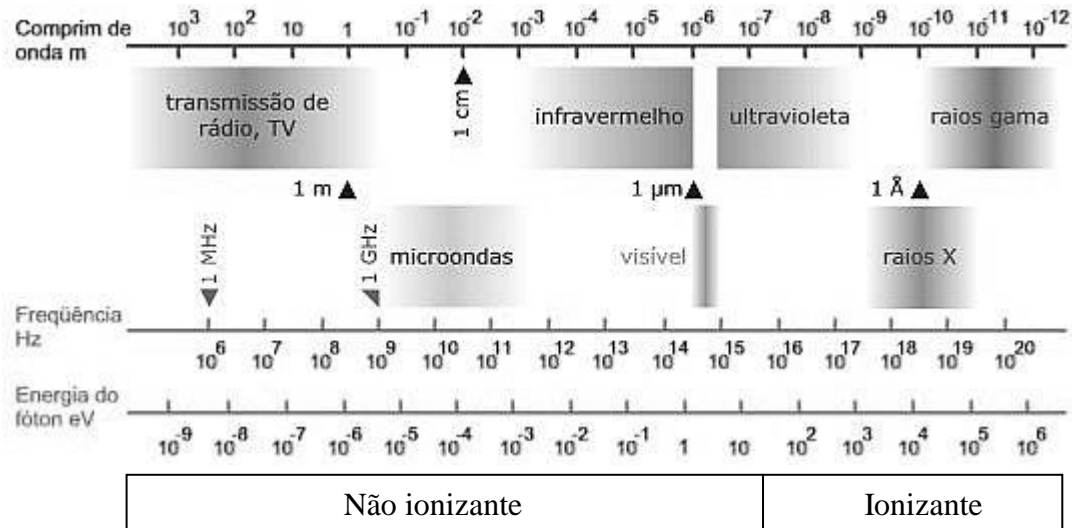


Figura 3 – Espectro eletromagnético (MSPC; MAHAJAN & SINGH, 2012).

A radiação de micro-ondas estimula o movimento de rotação das moléculas quando é absorvida. A radiação infravermelha estimula as vibrações das moléculas, e a luz visível e a radiação ultravioleta (UV) causam a transferência de elétrons de menor energia para orbitais de maior energia. As radiações gama, os raios X e as radiações UV de comprimento de onda curto (abaixo de 300 nm) provocam o rompimento de ligações químicas e ionizam átomos e moléculas (HARRIS, 2005; ZAMANIAN & HARDIMAN, 2005; MAHAJAN & SINGH, 2012).

A história da irradiação em alimentos data das descobertas dos raios-x por Roentgen em 1895 e, de substâncias radioativas por Becquerel em 1896 (MILLER, 2005). Várias pesquisas sobre os efeitos biológicos dessa radiação ionizante seguiram essas descobertas. Com o desenvolvimento tecnológico durante a 2ª guerra mundial, foram produzidos novos equipamentos que puderam ser adaptados para melhorar o processo de irradiação. Em 1980, o comitê de especialistas sobre a integridade de alimentos irradiados da FAO/IAEA/WHO, avaliando estudos anteriores, concluiu que a irradiação de qualquer alimento até uma dose

total de 10 kGy não apresenta risco toxicológico nem problemas nutricionais ou microbiológicos. Em 1983, foi criado o grupo consultivo internacional de irradiação de alimentos, que fornece publicações sobre a segurança, legislação, comercialização e informações de alimentos irradiados (DIEHL, 2002; STEFANOVA et al., 2010).

Em 1997, um grupo de estudos foi criado pela FAO/IAEA/WHO, para verificar os efeitos da aplicação de doses acima de 10 kGy sobre a segurança dos alimentos. O grupo de estudos concluiu que a irradiação com altas doses, conduzida de acordo com boas práticas de fabricação e de irradiação, pode ser aplicada a vários tipos de alimentos para melhorar a sua qualidade higiênica, para torná-los estáveis durante o armazenamento, sem induzir a radioatividade ou níveis significantes de radiólise. Reconhecendo que, na prática, as doses aplicadas para eliminar os perigos biológicos devem estar abaixo das que podem comprometer a qualidade sensorial, o grupo de estudo concluiu que nenhuma dose superior precisa ser imposta. Podem-se aplicar altas doses em temperos ou outros ingredientes secos, alimentos pré-cozidos pré-embalados que podem ser armazenados a temperatura ambiente por longos períodos e refeições esterilizadas para grupos específicos de pessoas, entre outros. Esse estudo foi aceito pelo código internacional recomendado de práticas de processamento de radiação de alimentos e pela norma geral de alimentos irradiados da Codex Alimentarius (WHO, 1999; STEFANOVA et al., 2010).

Décadas de pesquisa têm mostrado que a irradiação de alimentos pode ter inúmeras aplicações benéficas, como o tratamento antimicrobiano em temperos, ervas, condimentos vegetais secos, carne de frango, carne vermelha, ovos com casca e frutos do mar. Também na desinfecção de insetos em frutas e grãos, inibição do brotamento de alimentos como alho, cebolas e batatas e retardo no amadurecimento de frutas frescas e vegetais (MILLER, 2005; STEFANOVA et al., 2010). Segundo Hobbs & Roberts (1992), as poucas desvantagens do uso da radiação em alimentos incluem a continuidade da atividade enzimática durante a estocagem e alterações químicas como o ranço, podendo ocorrer em alimentos predispostos.

Particularmente, a radiação gama provoca clivagem de ligações, produzindo íons e radicais livres. Os radicais livres são capazes de iniciar as oxidações lipídica e proteica (BREWER et al., 2009). A radiação gama também provoca alterações na cor aumentando o parâmetro a^* , devido à maior produção do pigmento carboxiemoglobina (MILLAR et al., 2000; DU et al., 2002).

Atualmente, a indústria alimentar tem feito pouco uso do processo de irradiação, embora governos de mais de 50 países aprovaram a irradiação de mais de 60 produtos alimentícios (STEFANOVA et al., 2010). No Brasil, a aplicação de radiação ionizante em

produtos alimentícios começou na década de 1980 e até hoje se restringe praticamente a especiarias e produtos vegetais desidratados (MASTRO, 1999).

No Brasil, existem duas legislações a respeito de alimentos irradiados: o Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973 (BRASIL, 1973), o qual estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos e a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 21, de 26 de janeiro de 2001 (ANVISA, 2001a), que aprovou o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. Existe ainda a Instrução Normativa nº 9 (BRASIL, 2011) que permite o uso de radiação ionizante como tratamento fitossanitário com o objetivo de prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias regulamentadas no território brasileiro.

Segundo a RDC nº 21, “alimento irradiado” é todo aquele que tenha sido submetido ao processo de irradiação com radiação ionizante, como isótopos emissores de radiação gama, raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV e elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV. Na atual legislação brasileira, não há restrições em relação às doses a serem aplicadas, sendo que no texto fica estabelecido que: “a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida” e “a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e os atributos sensoriais do alimento”. Ainda, na rotulagem dos alimentos irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar no painel principal: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) do da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem. Quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo (ANVISA, 2001).

3.4.1 Radiação Ultravioleta (UV)

A radiação ultravioleta foi descoberta em 1801 pelo cientista alemão Johan Ritter, que percebeu uma forma invisível de luz além do violeta, capaz de escurecer haletos de prata, que denominou “raios desoxidantes”, mais tarde conhecidos como “raios químicos”. No século XIX, com a natureza da luz melhor conhecida, o termo ultravioleta foi adotado (BALL, 2007).

O comprimento de onda entre 220 e 300 nm (UV-C) é considerado germicida contra micro-organismos como bactérias, vírus, protozoários, mofo e leveduras, e algas. O maior efeito germicida é obtido entre 250 e 270 nm (GUERRERO-BELTRÁN & BARBOSA-CÁNOVAS, 2004). As características da luz ultravioleta podem ser observadas na tabela 1.

Tabela 1 - Características da luz ultravioleta.

Tipo	Comprimento de onda	Faixa de comprimento de onda	Características
UV-A	Longo	320-400 nm	Alterações na pele humana (bronzamento)
UV-B	Médio	280-320 nm	Queimadura de pele (câncer)
UV-C	Curto	200-280 nm	Faixa germicida (micro-organismos)
UV-V		100-200 nm	Faixa UV de vácuo

Fonte: GUERRERO-BELTRAN & BARBOSA-CÁNOVAS (2004).

A relação entre o efeito germicida e o comprimento de onda está ilustrada na figura 4, a qual mostra o efeito máximo em 254 nm (BINTSIS et al., 2000).

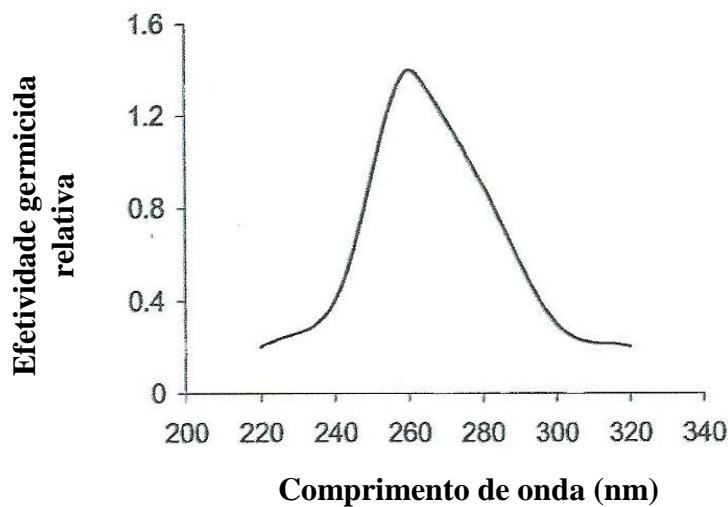


Figura 4 – Efeito germicida relativo dos comprimentos de onda da radiação UV (Adaptado de BINTSIS et al., 2000).

O conhecimento da radiação UV-C como uma técnica de preservação de alimentos foi descoberto na década de 1930 (ARTÉS & ALENDE, 2005) e, a partir daí, vários estudos têm avaliado o efeito da radiação UV-C em micro-organismos (BINTSIS et al., 2000; GARDNER & SHAMA, 2000; MARQUENIE et al., 2002; CHUN et al., 2009, CHUN et al., 2010).

A radiação UV-C apresenta baixo comprimento de onda e intensa energia capaz de provocar sérias consequências fisiológicas como, por exemplo, a inativação do DNA, que é vital às funções metabólicas e reprodutivas de micro-organismos (BALL, 2007). A radiação UV-C é absorvida pelas proteínas e pelos ácidos nucléicos, podendo produzir modificações fotoquímicas letais para os micro-organismos (JAY, 2005).

As propriedades germicidas da irradiação ultravioleta nos micro-organismos se dão devido ao dano ao DNA celular, feito pela radiação UV-C, a qual causa ligação cruzada entre bases pirimidinas vizinhas na mesma fita de DNA. Assim, a formação de ligações de hidrogênio com as bases purinas na fita oposta é prejudicada, bloqueando a transcrição e replicação do DNA e, eventualmente, levando à morte celular (CHUN et al., 2010). Uma vez que o DNA foi danificado, os micro-organismos não podem mais se reproduzir e, o risco de doenças causadas por eles é eliminado (BINTSIS et al., 2000).

Os primeiros equipamentos comerciais de 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 (LÓPEZ-MALO & PALOU, 2005).

Atualmente, a tecnologia de radiação UV é usada como uma alternativa a esterilização química em produtos alimentares e a UV-C (comprimento de onda de 220-300 nm com 90% de emissão em 253,7 nm) foi aprovada pela Food and Drug Administration (FDA) para o uso em produtos alimentares para controlar micro-organismos na superfície (US FDA, 2007). Suas aplicações incluem a pasteurização de sucos, tratamento post-mortem de carnes, tratamento de superfícies que entram em contato com alimentos e o aumento da vida de prateleira de produtos frescos (KOUTCHMA, 2008).

Lyon et al. (2007) afirmam que a irradiação ultravioleta é um processo não térmico que pode reduzir a presença de patógenos, não afetando significativamente a cor ou rancidez de aves frescas. Já Jay (2005), afirma que a baixa capacidade de penetração da radiação ultravioleta limita o seu uso a superfícies de alimentos, onde pode catalisar reações de oxidação, levando à rancidez, à descoloração e a outras reações. López-Malo & Palou (2005) também concordam que uma das maiores desvantagens da radiação UV-C envolve seu baixo poder de penetração.

A fim de melhorar a segurança de produtos cárneos (incluindo frango), vários métodos de processamento, tais como irradiação gama, água quente, pasteurização a vapor, sorbato de potássio, fosfato trissódico, hidróxido de sódio, ácido láctico, benzoato de sódio, cloro e tratamento com micro-ondas foram aplicados para a redução da contagem bacteriana. Entretanto, esses processos podem modificar a textura e a composição nutricional do frango, e os elementos químicos podem também permanecer na superfície e causar problemas de saúde (CHUN et al., 2010). Stefanova et al. (2010) também afirmam que técnicas tradicionais de preservação de alimentos como aquecimento, secagem, defumação, salga, geralmente complementadas com pasteurização, enlatamento, congelamento, refrigeração e conservantes químicos têm algumas desvantagens, como mudanças sensoriais e perda de nutrientes.

A radiação UV-C possui vantagens na medida em que não gera resíduos químicos nem subprodutos indesejáveis que poderiam modificar as características sensoriais (sabor, aroma e cor). Também é um processo a seco e a frio, que requer muito pouca manutenção (GUERRERO-BELTRÁN & BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

A luz ultravioleta monocromática (254 nm) é obtida utilizando-se lâmpadas de vapor de baixa pressão de mercúrio (GUERRERO-BELTRÁN & BARBOSA-CÁNOVAS, 2004). A radiação UV é produzida pela passagem de corrente elétrica através de um gás, geralmente mercúrio vaporizado. Os átomos de mercúrio tornam-se excitados pelas colisões com os elétrons que fluem entre os eletrodos da lâmpada. Os elétrons excitados retornam aos seus estados eletrônicos fundamentais, liberando parte da energia absorvida sob forma de radiação eletromagnética, isto é, sob forma de radiação ultravioleta, visível e infravermelha (DIFFEY, 2002). As lâmpadas de mercúrio projetadas para produzir energia na região germicida (254 nm) são eletricamente idênticas às lâmpadas fluorescentes, somente faltando o revestimento de fósforo, sendo que o uso de vidro permite a transmissão de UV-C (BINTSIS et al., 2000).

Entre os parâmetros que influenciam a eficiência da aplicação da radiação UV-C podem ser citados: opacidade do produto, capacidade de penetração da radiação no alimento, distância do produto da fonte de radiação, tempo de uso da fonte UV, arranjo geométrico da fonte e concentração microbiana (SASTRY et al., 2000; MUKHOPADHYAY & RAMASWAMY, 2012).

A irradiância ou intensidade de fluxo da radiação UV é expressa em W/m^2 e a dose ou exposição à radiação é expressa em J/m^2 . A dose de radiação UV-C é definida como o produto da irradiância, em 254 nm, pelo tempo de exposição, em segundos (GUERRERO-BELTRÁN & BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

O tratamento com radiação UV-C que trabalhamos é caracterizado como de modo contínuo, ou radiação ultravioleta de onda contínua. Existe também o método chamado de radiação de luz pulsada, o qual descontamina superfícies com o uso de pulsos de tempo curtos em ampla faixa do espectro (200 a 1100 nm), mas principalmente na faixa UV-C (GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007).

Até o presente momento, não há legislação que regulamenta o uso de radiação UV em alimentos no Brasil. Entretanto, a radiação UV, por possuir comprimento de onda maior e, conseqüentemente, energia menor do que as radiações gama e os raios X, pode ser enquadrada no regulamento da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001). Existe somente a norma da Agência Brasileira de Normas Técnicas que trata da segurança de aparelhos elétricos que incorporam emissores para expor a pele à radiação ultravioleta (ABNT, 2000).

A maioria dos trabalhos que irradiam alimentos é realizada com radiação gama, a qual possui energia muito elevada e pode reduzir o número de colônias dos micro-organismos em vários logs, porém alguns estudos afirmam que as oxidações lipídica e proteica podem ser promovidas pelo seu uso. Em relação à radiação UV-C, existem poucos estudos de sua aplicação em carnes, produtos cárneos e, em carne de frango, são ainda mais escassos. Na grande maioria dos estudos existentes, não foram avaliados os efeitos da radiação UV-C sobre os parâmetros físico-químicos do alimento, e principalmente, não se tem informações de sua influência sobre as oxidações dos lipídeos e das proteínas e na composição dos ácidos graxos. A parceria com o Grupo de Estudo e Desenvolvimento de Reatores Eletrônicos (GEDRE) da UFSM vem nos proporcionar uma oportunidade única, devido ao desenvolvimento de uma câmara piloto de UV-C, fato esse também não relatado na literatura. Dessa forma, esse trabalho foi realizado para estudar os efeitos microbiológicos e físico-químicos da radiação UV-C na pele de frangos, aplicada em condições próximas a de duas etapas do abate, verificando assim a possibilidade de sua aplicação na indústria.

4 MANUSCRITOS

4.1 Manuscrito 1 - Manuscrito submetido à revista Ciência Rural

(Configuração conforme as normas da revista – Anexo A)

Efeito da radiação ultravioleta-C, aplicada em diferentes temperaturas, sobre a carga microbiana, pH e cor de peles de sobrecoxas de frangos durante período de armazenamento

Effect of the ultraviolet-C radiation, applied at different temperatures, on the microbial load, pH and color of chicken drumsticks skins during storage period

Dugatto*, J. S.^I; Cichoski, A. J.^I; Barin, J. S.^I; Wagner, R. .^I; Silva, M. S.^{II}; Moura, H. C.^{II}; Rampelotto, C.^{II}; Dalla Costa, M. A.^{III}

^I Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

^{II} Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III} Departamento de Processamento de Energia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

*Autor para correspondência, email: jonasdugatto@yahoo.com.br

RESUMO

No presente estudo, avaliou-se a aplicação de diferentes doses de radiação ultravioleta (5,4 e 9,46 kJ/m²), aplicadas a 5 °C e a 25 °C, sobre o número de bactérias aeróbias mesófilas totais, psicotróficas, bolores e leveduras, cor e pH de peles de sobrecoxas de frangos durante 12 dias de armazenamento a 5 °C. As doses de radiação aplicadas reduziram significativamente o número de colônias de bactérias aeróbias totais e psicotróficas durante boa parte do período de armazenamento, mas não tiveram efeito sobre os bolores e as leveduras. Também não se observaram efeitos das doses de radiação aplicadas na cor e no pH. Os resultados sugerem

que a aplicação da radiação UV-C seja realizada na saída do *chiller* (a 5 °C), devido às menores contagens de micro-organismos totais e psicrotóxicos e menores valores de pH.

Palavras-chaves

Radiação ultravioleta, pele de frango, micro-organismos, pH, cor.

ABSTRACT

In the present study, was evaluated the application of different ultraviolet radiation doses (5,4 and 9,46 kJ/m²), applied at 5 °C and at 25 °C, on the number of total aerobic mesophilic bacteria, psychrotrophic, yeasts and molds, color and pH of chicken drumsticks skins during 12 days of storage at 5 °C. The radiation doses applied significantly reduced the number of total aerobic and psychrotrophic bacteria during most of the storage period, but have no effect on molds and yeasts. Also, there were no observed effects of the radiation doses on color and pH. The results suggest that the application of UV-C radiation be in the output of the *chiller*, at 5 °C, due lower counts of total and psychrotrophic microorganisms and lower pH values.

Key words

Ultraviolet radiation, chicken skin, microorganisms, pH, color.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a avicultura é uma das atividades mais avançadas tecnologicamente, principalmente a de corte, com produtividade similar a países mais desenvolvidos, contribuindo assim para o fornecimento de proteína animal de baixo custo e geradora de riquezas para o país (NOVELLO et al., 2008).

Vários métodos de processamento já foram utilizados para a redução das contagens bacterianas em carcaças de frangos, mas geralmente eles causam mudanças nos componentes

nutricionais ou textura, e ainda há a possibilidade de substâncias químicas permanecerem na superfície (CHUN et al., 2010).

A radiação ultravioleta (UV) com comprimento de onda de 254 nm apresenta propriedades germicidas e está no intervalo conhecido como UV-C (200-280 nm) (BINSTISIS et al. 2000). Vários estudos comprovam a eficiência da radiação UV-C na diminuição do número de colônias de micro-organismos em carne de frango e seus efeitos somente na cor e no pH (LYON et al., 2007; CHUN et al., 2010).

As carcaças de frangos são susceptíveis a contaminação durante o abate, uma vez que na própria linha existem pontos críticos, como o tanque de escalda, as depenadeiras, etapa de evisceração e o tanque de resfriamento, nos quais podem ocorrer contaminações cruzadas entre as carcaças (CARDOSO, 2008). Antes de entrar no tanque de resfriamento, as carcaças apresentam temperatura em torno de 35 °C (COTTA, 2003), e no final do processo deverão estar no máximo a 7 °C (BRASIL, 1998). Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram aplicar a radiação UV-C a 25 °C e a 5 °C, para simular o seu uso nas etapas de antes do resfriamento e após o resfriamento do abate de frangos, e verificar seus efeitos no pH, cor e número de micro-organismos (bactérias totais, bactérias psicotróficas e bolores e leveduras).

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras

Sobrecoxas de frangos resfriadas foram compradas em mercado local na cidade de Santa Maria – RS, e transportadas acondicionadas em bolsas térmicas até o Núcleo de Tecnologia de Alimentos da UFSM, onde permaneceram em câmara fria, a 5 °C. No laboratório, as amostras foram armazenadas sob refrigeração (5 °C) e imediatamente preparadas para análise (dia 0).

Instrumentação

A câmara de radiação UV-C foi desenvolvida pelo Grupo de Estudo e Desenvolvimento de Reatores Eletrônicos (GEDRE) da UFSM e consistiu de duas lâmpadas de UV-C adaptadas à carcaça de um aparelho de micro-ondas convencional, mas com o sistema de micro-ondas desativado (*ver apêndice A*).

Doses de radiação aplicadas

O tempo de aplicação de radiação UV-C foi de 4 e 7 minutos (irradiância de 22,53 W/m²), o que correspondeu a doses de 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m², próximas às utilizadas na literatura (CHUN et al., 2010; CHUN et al., 2009). A potência de aplicação foi de 30 W. A lâmpada ficou ligada por 5 minutos antes da aplicação da radiação nas amostras.

Aplicação da radiação a 25 °C

Aplicou-se a radiação a 25 °C para simular o ambiente em que as carcaças se encontram antes de entrar na etapa do abate conhecida como *pré-chiller*. Para isso, a temperatura interna da câmara de radiação UV-C foi mantida a 25 °C durante todo o processo. Para aumentar a temperatura dos pacotes de sobrecoxas a 25 °C, os mesmos foram mantidos durante 20 minutos em estufa a 36 °C, após foram retirados e mantidos, também por 20 minutos, em temperatura de 25 °C. A cada pacote de sobrecoxas foram adicionados 100 mL de água destilada esterilizada, a 25 °C, que foi misturada no sentido horizontal durante 15 segundos. Então, a água foi descartada e a temperatura superficial das peças foi medida com auxílio de um termômetro de infravermelho digital (IR-102, Shenzhen Calibeur Industries, Pequim, China). Após, as sobrecoxas foram separadas para o grupo controle (que não receberam irradiação) e, de três em três, foram submetidas à radiação nas doses de 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m², respectivamente.

Para as análises dos 3º, 6º, 9º e 12º dias, o número de amostras e o método de irradiação foram os mesmos, sendo que, depois de irradiadas as amostras foram armazenadas, três a três, em sacos plásticos e mantidas em câmara fria, a 5 °C, até os respectivos dias de análise.

Aplicação da radiação a 5 °C

A aplicação da irradiação a 5 °C simulou a saída das carcaças do *chiller*, e por isso, foram adicionados a cada pacote 100 mL de água destilada esterilizada a 5 °C, que foi misturada no sentido horizontal durante 15 segundos. Então, a água foi descartada e a temperatura superficial das peças foi medida com auxílio de um termômetro de infravermelho digital (IR-102, Shenzhen Calibeur Industries, Pequim, China). Após, as sobrecoxas foram separadas para o grupo controle (que não receberam irradiação) e, de três em três, foram submetidas à radiação nas doses de 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m², respectivamente. Para os dias subsequentes, o procedimento de irradiação também foi o mesmo que foi realizado a 25 °C. A temperatura interna da câmara de radiação UV-C foi mantida a 5 °C durante todo o processo.

Análises físico-químicas e microbiológicas

Todas as análises foram feitas nas peles das sobrecoxas e foram realizadas logo depois de aplicadas as doses de radiação UV-C e no 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento.

Análises microbiológicas

Foram realizadas pelo teste do *swab* de acordo com DA SILVA et al. (2005) sendo o plaqueamento realizado em triplicata para todos os micro-organismos pesquisados. As amostras foram semeadas em profundidade em meio Ágar padrão para contagem para determinação do número de bactérias mesófilas aeróbias totais, sendo as placas incubadas invertidas a 36 ± 1 °C por 48 horas (BRASIL, 2003). As amostras para as bactérias

psicrotróficas foram semeadas em superfície, em meio Ágar padrão para contagem e as placas foram incubadas invertidas a 7 ± 1 °C por 7 dias (COUSIN et al., 2001). Para os bolores e leveduras, as amostras foram semeadas em superfície, em meio Ágar Batata Dextrose e as placas foram incubadas, sem inverter, a 25 ± 1 °C por 5 dias (BRASIL, 2003).

Análises físico-químicas

Os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) foram mensurados de acordo com o CIELAB (1971), com utilização de colorímetro (modelo CR-300, Konica Minolta, Japão) com a pele aderida às sobrecoxas. Após, as peles foram retiradas e trituradas com multiprocessador (RI 7620, Philips Walita, Holanda) na velocidade 2 por 3 minutos e o pH foi determinado de acordo com a AOAC (2000) com potenciômetro (modelo DM 22, Digimed, Brasil). Para cada repetição, as análises foram realizadas em triplicata.

Análise estatística

Para cada tratamento, foram feitas três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância univariada, suas médias ajustadas pelos quadrados mínimos e comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas no aplicativo STATISTICA versão 7.0 (StatSoft, Inc, Tulsa – OK, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os valores de pH de peles de frangos submetidas a 0 (controle), 5,4 e a 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, aplicadas a 5 e a 25 °C, durante período de armazenamento a 5 °C.

Durante o período de armazenamento, ocorreu aumento do pH em todos os tratamentos, decorrente do aumento dos número de colônias de micro-organismos psicrotróficos (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 à formação de aminas e amoníaco (TERRA & BRUM, 1988). Esse comportamento foi evidenciado a partir do 6º dia de armazenamento, independente da dose, onde o maior número de colônias de bactérias psicrotróficas e valores de pH ocorreram nas amostras tratadas a 25 °C.

Em uma mesma temperatura de aplicação, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nos valores de pH entre todas as doses, independente do dia de armazenamento, como pode ser observado na tabela 1. Entre as temperaturas, ocorreram diferenças significativas nos valores de pH somente no 6º e 12º dias de armazenamento. No 6º dia, foi observado um maior número de colônias de bactérias psicrotróficas a 25 °C (com grande crescimento em relação ao 3º dia), o que levou a maiores valores de pH, os quais diferiram da temperatura de 5 °C (tabelas 1 e 2). O pH do controle não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as temperaturas nesse dia, devido ao número de colônias de bactérias estarem próximas.

As carnes, em função de seu pH, são altamente suscetíveis à multiplicação de micro-organismos presentes (FRANCO & LANDGRAF, 1996). A maior parte dos micro-organismos patogênicos é mesófila e majoritariamente representada por bactérias e mofos. (GERMANO et al., 2003). Independente da temperatura de aplicação, as doses de 5,4 e 9,46 kJ/m² reduziram significativamente ($p < 0,05$) o número de colônias de bactérias mesófilas aeróbias totais em relação ao controle no 3º, 6º e 9º dias de armazenamento, como pode ser visto na tabela 2. Observou-se redução de até 1,49 log UFC/cm² em relação ao controle, no 9º de armazenamento das amostras que receberam a dose de 9,46 kJ/m² aplicada a 25 °C.

Segundo Franco & Landgraf (1996) odores desagradáveis em carne de frango resfriada começam a ser notados quando a contagem bacteriana atinge aproximadamente 6,4 log UFC/cm². Segundo a Comissão Internacional de Especificações Microbiológica para Alimentos, o limite máximo aceitável para bactérias mesófilas aeróbias em carne *in natura* é 7

log UFC/cm² (ICMSF, 1986). No 6º dia de armazenamento, as amostras referentes ao controle apresentavam contagens de 6,2 log UFC/cm², enquanto que as submetidas a 5,4 e 9,46 kJ/m² não passaram de 5,85 log UFC/cm². A partir do 9º dia de armazenamento, as amostras tratadas a 25 °C apresentaram contagens superiores a 7,5 log UFC/cm², enquanto que o controle e as amostras submetidas a 5,4 e 9,46 kJ/m², a 5 °C, apresentaram contagens de 6,67, 6,38 e 6,44 log UFC/cm², respectivamente. Dessa forma, a aplicação da radiação a 5 °C favoreceu o aumento da vida útil das sobrecoxas de frangos resfriadas em 3 dias. Sendo que com a aplicação das doses de radiação, as contagens estariam no limite do aparecimento dos odores, em relação às bactérias mesófilas aeróbias totais.

As principais bactérias que causam deterioração nos produtos cárneos mantidos entre 0 e 5 °C são as psicotróficas. Entre os principais gêneros envolvidos estão *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Escherichia*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* e *Listeria* (GERMANO et al., 2003). O número de colônias de bactérias psicotróficas apresentou diferenças em relação à temperatura de aplicação, com maior crescimento a 25 °C. Observou-se também o efeito da dose em relação à temperatura de aplicação, sendo que a 5 °C, a dose de 9,46 kJ/m² reduziu significativamente ($p < 0,05$) o número de colônias de bactérias psicotróficas em relação ao controle durante todo o período de armazenamento, enquanto que a 25 °C, isso ocorreu somente no 3º e 12º dias de armazenamento (tabela 2).

Ocorreu redução de até 0,75 log UFC/cm² sobre o número de colônias de bactérias psicotróficas com a dose de 9,46 kJ/m² em relação ao controle na temperatura de 5 °C (3º dia). Chun et al. (2010) observaram redução de até 2,1 log UFC/cm² nas populações de *L. monocytogenes* em peito de frango irradiado a 5 kJ/m² em relação ao controle no 6º dia de armazenamento a 4 °C. Já Wallner-Pendleton et al. (1994), irradiando superfícies de carcaças de frangos com até 0,86 kJ/m² não observaram reduções significativas no número de colônias de bactérias psicotróficas em relação ao controle durante 10 dias de armazenamento a 7 °C.

Os fungos têm menor importância na deterioração de carnes de aves, exceto quando antimicrobianos são utilizados para suprimir o crescimento bacteriano, neste caso, os fungos filamentosos se tornam os principais agentes da deterioração (JAY, 2005). As contagens de bolores e leveduras, na maioria das vezes, não sofreram reduções significativas ($p > 0,05$) entre as doses (tabela 2). Em geral, a dose de UV requerida para inativar bolores e vírus é maior do que para bactérias (CHANG et al., 1985; MORGAN, 1989 apud GAILUNAS, 2003).

A figura 1 mostra o comportamento dos parâmetros da cor de peles de frangos submetidas a 0 (controle), 5,4 e 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, aplicadas a 5 e a 25 °C, durante período de armazenamento a 5 °C. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para os parâmetros L*, a* e b* da cor das peles dos frangos, independente da dose de radiação UV-C e da temperatura aplicadas (estatística não mostrada). Diversos estudos mostraram que a radiação UV-C não causa efeitos deletérios na cor da carne (WALLNER-PENDLETON et al., 1994, LYON et al., 2007; CHUN et al., 2010) e na pele de frango (ISOHANNI & LYHS, 2009). Após os 12 dias de armazenamento, observou-se que os valores de L* mantiveram-se próximos, enquanto os valores de a* diminuíram, e os valores de b* aumentaram. A cor amarela esverdeada da pele é devido ao crescimento dos micro-organismos, que também leva ao aparecimento de limosidade (FRANCO & LANDRGAF, 1996).

CONCLUSÃO

As doses de radiação UV-C aplicadas não afetaram significativamente o pH e a cor da pele de frango e levaram a reduções significativas nas contagens de bactérias psicrotróficas e aeróbias totais durante alguns dias do período de armazenamento. A temperatura de 5 °C em relação à de 25 °C levou a menor número de colônias de bactérias mesófilas aeróbias totais e psicrotróficas, o que indica a aplicação da radiação UV-C após a etapa de resfriamento das carcaças.

REFERÊNCIAS

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. In: Horwitz W., editor. Washington: A.O.A.C., 2000.

BINSTSIS, T. et al. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 637-645, 2000.

Disponível em [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000501\)80:6%3C637::AID-JSFA603%3E3.0.CO;2-1/pdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6%3C637::AID-JSFA603%3E3.0.CO;2-1/pdf). Acesso em: 01/10/2012.

doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1

BRASIL. Portaria n. 210, de 10 de Novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. **Diário Oficial da União**, Seção 1, p. 226. 1998.

BRASIL. Instrução normativa n. 62, de 26 de Agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União**, Seção 1, p. 14. 2003.

CARDOSO, K. F. G. **Qualidade microbiológica de filés de peito de frangos de corte submetidos à irradiação e atmosfera modificada em diferentes períodos de armazenamento**. 2008. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, Brasil.

CIE – COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. **Recommendations on uniform colour spaces, colour difference equations, psychometrics colour terms**. Suppl. 2 of CIE Publ. n. 15 (E-1.3.1) 1971, Bureau Central de la CIE, Paris.

CHANG, J.C.H. et al. UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. **Applied and environmental microbiology**, v. 49, p. 1361-1365. 1985. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC241729/> Acesso em 20/10/2012.

CHUN, H. et al. Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteric* serovar Typhimurium, and *Campylobacter jejuni* in ready-to-eat sliced ham using UV-C irradiation. **Meat Science**, v. 83, p. 599-603, 2009. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174009002137>>. Acesso em: 04/10/2012. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.07.007.

CHUN, H. H et al. Effect of UV-C irradiation on the inactivation of inoculated pathogens and quality of chicken breasts during storage. **Food Control**, v. 21, p. 276-280, 2010. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713509001807>>. Acesso em: 25/09/2012. doi: 10.1016/j.foodcont.2009.06.006.

COTTA, T. **Frangos de corte: criação, abate e comercialização**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 237 p.

COUSIN, M. A. et al. Psychrotrophic Microorganisms. In: **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 2001, Washington, DC: APHA, 2001. p. 159-166.

DA SILVA, N. et al. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2005. 552 p.

FRANCO, B. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182 p.

GAILUNAS, K. M. **Use of ultraviolet light for the inactivation of *Listeria monocytogenes* and lactic acid bacteria species in recycled chill brines**. 2003. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos), Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S.; UNGAR, M. L. **Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2003. 655p.

ICMSF - INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOOD. In: Microorganisms in Food. **Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications**, v. 2, University of Toronto, p. 181-196, 1986.

ISOHANNY, P. M. I; LYHS, U. Use of ultraviolet irradiation to reduce *Campylobacter jejuni* on broiler meat. **Poultry Science**, v. 88; p. 661-668, 2009. Disponível em <<http://ps.fass.org/content/88/3/661.full.pdf+html>> Acesso em: 03/11/2012. doi:10.3382/ps.2008-00259

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

LYON, S. A.; FLETCHER, D. L.; BERRANG, M. E. Germicidal Ultraviolet Light to Lower Numbers of *Listeria monocytogenes* on Broiler Breast Fillets. **Poultry Science**, v. 86, p. 964-967, 2007. Disponível em <<http://naldc.nal.usda.gov/download/8177/PDF>>. Acesso em: 26/09/2012.

NOVELLO, D. Avaliação Bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de carne e ossos. **Ambiência**, v. 4, n. 3, p. 355-366, 2008. Disponível em <<http://www.sumarios.org/sites/default/files/pdfs/140-540-1-pb.pdf>>. Acesso em: 13/09/2012. doi: 10.1590/S1516-35982008000900019.

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

WALLNET-PENDLETON, E. A. et al. The use of ultraviolet radiation to reduce *Salmonella* and psychrotrophic bacterial contamination on poultry carcasses. **Poultry Science**, v. 73, p. 1327-1333, 1994. Disponível em <<http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/7971677>>. Acesso em: 18/10/2012.

AGRADECIMENTOS

A CAPES e ao programa FIPE Sênior/UFSM.

Tabela 1 - Avaliação do uso de 0, 5,4 e 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e 25 °C, sobre o pH de peles de frangos durante período de armazenamento a 5 °C.

		Período de armazenamento (dias)				
T* (°C)	DR** (kJ/m ²)	0	3	6	9	12
5	0	6,47 ± 0,13 ^{bA}	6,80 ± 0,05 ^{bA}	7,35 ± 0,13 ^{aABC}	7,44 ± 0,17 ^{aA}	7,70 ± 0,13 ^{aB}
25	0	6,69 ± 0,34 ^{cA}	6,72 ± 0,01 ^{cA}	7,69 ± 0,13 ^{bAB}	7,64 ± 0,14 ^{bA}	8,28 ± 0,07 ^{aA}
5	5,4	6,72 ± 0,14 ^{dA}	6,82 ± 0,13 ^{cdA}	7,14 ± 0,10 ^{bcC}	7,48 ± 0,22 ^{abA}	7,79 ± 0,13 ^{aB}
25	5,4	6,80 ± 0,06 ^{bA}	6,81 ± 0,02 ^{bA}	7,77 ± 0,08 ^{aA}	7,77 ± 0,16 ^{aA}	7,87 ± 0,27 ^{aAB}
5	9,46	6,75 ± 0,03 ^{bA}	6,83 ± 0,14 ^{bA}	7,18 ± 0,39 ^{abBC}	7,56 ± 0,28 ^{aA}	7,80 ± 0,21 ^{aB}
25	9,46	6,92 ± 0,06 ^{bA}	6,93 ± 0,07 ^{bA}	7,76 ± 0,05 ^{aA}	7,91 ± 0,09 ^{aA}	7,89 ± 0,04 ^{aAB}

*Temperatura.

**Dose de radiação.

Médias ± desvios padrões seguidos por letras minúsculas/maiúsculas iguais nas linhas/colunas não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

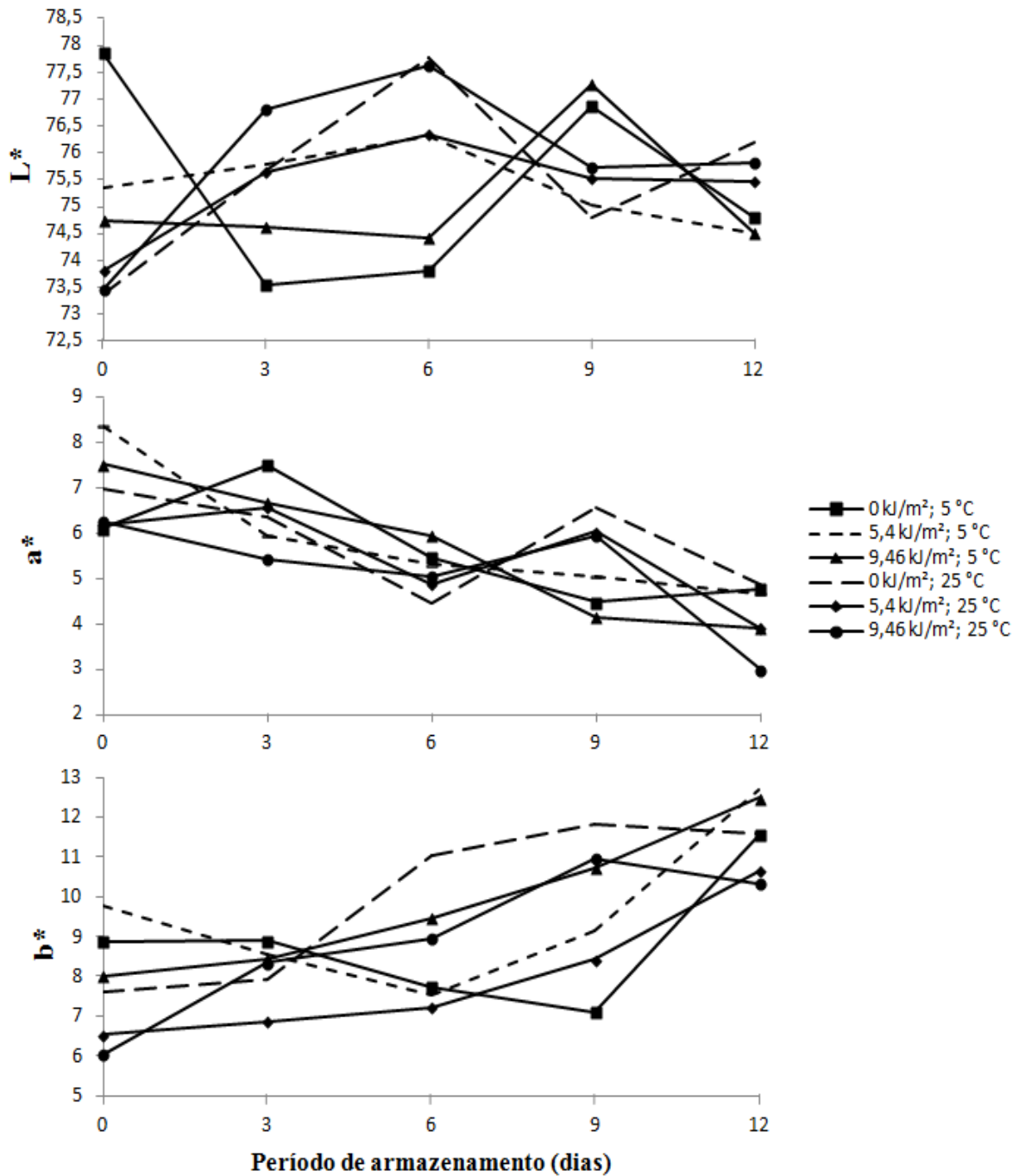


Figura 1 – Avaliação dos parâmetros L^* , a^* e b^* da cor de peles de frangos submetidas a 0, 5,4 e 9,46 kJ/m^2 de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e 25 °C, durante período de armazenamento a 5 °C.

Tabela 2 – Avaliação do uso de 0, 5,4 e 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e 25 °C, sobre o número (log UFC/cm²) de bactérias mesófilas aeróbias totais, bolores e leveduras e bactérias psicrotróficas em peles de frangos durante período de armazenamento a 5 °C.

		Período de armazenamento (dias)				
T*(°C)	DR** (kJ/m ²)	0	3	6	9	12
Bactérias mesófilas aeróbias totais						
5	0	2,60 ± 0,36 ^{dAB}	4,06 ± 0,10 ^{eB}	6,25 ± 0,08 ^{bA}	6,67 ± 0,03 ^{bC}	7,73 ± 0,03 ^{aB}
25	0	2,84 ± 0,04 ^{eA}	4,30 ± 0,06 ^{dA}	6,20 ± 0,04 ^{cA}	9,08 ± 0,03 ^{bA}	9,58 ± 0,28 ^{aA}
5	5,4	1,89 ± 0,09 ^{eC}	3,26 ± 0,03 ^{dD}	5,52 ± 0,02 ^{cC}	6,38 ± 0,04 ^{bD}	7,65 ± 0,05 ^{aB}
25	5,4	2,28 ± 0,04 ^{eBC}	3,91 ± 0,07 ^{dB}	5,82 ± 0,01 ^{cB}	7,64 ± 0,05 ^{bB}	9,51 ± 0,12 ^{aA}
5	9,46	2,78 ± 0,13 ^{eA}	3,17 ± 0,08 ^{dD}	5,54 ± 0,01 ^{cC}	6,44 ± 0,07 ^{bD}	7,52 ± 0,10 ^{aB}
25	9,46	2,31 ± 0,09 ^{eBC}	3,61 ± 0,04 ^{dC}	5,85 ± 0,04 ^{cB}	7,59 ± 0,11 ^{bB}	9,28 ± 0,15 ^{aA}
Bolores e leveduras						
5	0	2,93 ± 0,15 ^{bB}	3,22 ± 0,16 ^{bA}	3,90 ± 0,04 ^{aA}	3,83 ± 0,06 ^{aA}	3,89 ± 0,13 ^{aAB}
25	0	1,10 ± 0,17 ^{dC}	2,36 ± 0,39 ^{bcAB}	2,84 ± 0,06 ^{abD}	2,16 ± 0,28 ^{cC}	3,10 ± 0,17 ^{aC}
5	5,4	3,45 ± 0,14 ^{aAB}	2,48 ± 0,32 ^{bAB}	3,43 ± 0,10 ^{aBC}	3,57 ± 0,09 ^{aA}	3,71 ± 0,02 ^{aB}
25	5,4	1,50 ± 0,28 ^{cC}	2,30 ± 0,30 ^{bB}	2,78 ± 0,17 ^{abD}	2,88 ± 0,16 ^{aB}	3,10 ± 0,17 ^{aC}
5	9,46	3,76 ± 0,33 ^{aA}	2,46 ± 0,45 ^{bAB}	3,55 ± 0,04 ^{aB}	3,84 ± 0,07 ^{aA}	3,62 ± 0,03 ^{aB}
25	9,46	1,45 ± 0,21 ^{eC}	2,20 ± 0,17 ^{dB}	3,28 ± 0,04 ^{bC}	2,82 ± 0,19 ^{cB}	4,15 ± 0,09 ^{aA}
Bactérias psicrotróficas						
5	0	3,44 ± 0,22 ^{eA}	6,41 ± 0,05 ^{dA}	7,41 ± 0,05 ^{cC}	7,75 ± 0,06 ^{bB}	9,09 ± 0,08 ^{aBC}
25	0	2,95 ± 0,03 ^{eAB}	5,72 ± 0,07 ^{dC}	8,20 ± 0,09 ^{cA}	8,69 ± 0,04 ^{bA}	9,22 ± 0,02 ^{aA}
5	5,4	3,47 ± 0,10 ^{eA}	5,91 ± 0,03 ^{dB}	7,17 ± 0,02 ^{cD}	7,64 ± 0,05 ^{bBC}	8,98 ± 0,05 ^{aC}
25	5,4	2,61 ± 0,13 ^{eB}	5,49 ± 0,08 ^{dD}	8,03 ± 0,02 ^{cB}	8,57 ± 0,05 ^{bA}	9,16 ± 0,03 ^{aAB}
5	9,46	2,56 ± 0,48 ^{dB}	5,66 ± 0,08 ^{cC}	7,18 ± 0,06 ^{bD}	7,58 ± 0,05 ^{bC}	8,86 ± 0,04 ^{aD}
25	9,46	2,54 ± 0,10 ^{eB}	5,35 ± 0,05 ^{dD}	8,06 ± 0,06 ^{cAB}	8,64 ± 0,03 ^{bA}	8,85 ± 0,02 ^{aD}

*Temperatura.

**Dose de radiação.

Médias ± desvios padrões seguidos por letras minúsculas/maiúsculas iguais nas linhas/colunas não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

4.2 Manuscrito 2

Manuscrito submetido à revista *European Journal of Lipid Science and Technology*
(Configuração conforme as normas da revista – Anexo B)

Parâmetros físico-químicos da superfície de sobrecoxas de frangos submetidas à radiação ultravioleta-C

Jonas Simon Dugatto¹, Alexandre José Cichoski¹, Heloísa Cristina de Moura¹, Marianna Stefanello Silva¹, Cristine Rampelotto¹, Roger Wagner¹, Juliano Smanioto Barin¹, Raquel Guidetti Vendruscolo¹, Marco Antonio Dalla Costa²

¹Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

²Departamento de Processamento de Energia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

Título resumido: Superfícies de frangos submetidas à radiação ultravioleta-C.

Correspondência: Jonas Simon Dugatto, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, prédio 43, sala 4316, Santa Maria, RS, Brasil

Email: jonasdugatto@yahoo.com.br

Fax: + 55 55 32208822

Palavras-chaves: Pele de frango; Radiação UV-C, Ácidos graxos, Oxidação lipídica, Oxidação proteica.

Abreviaturas: UV, ultravioleta; UV-C, ultravioleta-C; AG, ácido graxo; TBARS, Substância reativas ao ácido tiobarbitúrico; IP, Índice de peróxidos; DCs, Dienos Conjugados.

Resumo

Nesse estudo, investigaram-se os efeitos da radiação ultravioleta-C (UV-C) no perfil de ácidos graxos (AGs), oxidação lipídica e oxidação proteica na superfície de sobrecoxas de frangos. As doses de radiação UV-C aplicadas foram de 0, 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m², a 5 °C e a 25 °C, e as análises foram realizadas logo após as aplicações das doses e de 3 em 3 dias, durante 12 dias de armazenamento a 5 °C, exceto o perfil de AGs que foi realizado nos dias 0, 6 e 12. Em uma mesma temperatura de aplicação, as doses de radiação UV-C aplicadas não diferiram significativas em nenhum dos parâmetros analisados, independente do dia de armazenamento. Observou-se que as amostras que foram tratadas a 25 °C obtiveram menores teores dos ácidos graxos poli-insaturados

(AGPIs) $n-6$ e $n-3$ e maiores teores de dienos conjugados (DCs) do que as tratadas a 5 °C. O índice de peróxidos (IP) foi maior nas amostras tratadas a 5 °C do que a 25°C, mas geralmente sem diferenças significativas. Na maioria das vezes, os valores das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e de oxidação proteica não diferiram em relação à temperatura. Os resultados sugerem que a aplicação da radiação UV-C seja na saída do *chiller* (a 5 °C), devido aos maiores teores de AGPIs e menores teores de DCs.

Aplicações práticas

A aplicação da radiação ultravioleta-C (UV-C) em alimentos é conhecida como um método simples, de baixo custo e eficaz na redução das contagens de diversos micro-organismos. Estudos que investiguem o uso de radiação UV-C durante etapas do abate de frangos são importantes, pois avaliariam o efeito dessa tecnologia sobre parâmetros das carcaças e modificações que podem nelas serem causadas. Essas informações proporcionarão à indústria maior conhecimento, e possível uso da mesma durante o processamento.

1 Introdução

Em 2011, o Brasil foi o maior exportador mundial de carne de frango (3,94 milhões de toneladas) e o terceiro maior produtor (13,05 milhões de toneladas), o que representou 16,09% da produção mundial [1]. Em estudo no qual analisa as perspectivas da avicultura mundial, o Rabobank manifesta a opinião de que, antes de 2020, a carne de frango estará conquistando a preferência mundial e superando a carne suína, até agora a mais consumida do globo [2].

Durante o abate de frangos, o rápido abaixamento da temperatura da carcaça tem como função primária inibir o desenvolvimento microbiológico [3]. No Brasil, o resfriamento dos frangos abatidos ocorre por meio de imersão em água gelada somado à adição de gelo e água por contracorrente em todo o processo, auxiliado por resfriadores contínuos, tipo rosca sem fim, denominados *pré-chiller* e *chiller*. As carcaças, ao adentrar no *pré-chiller*, apresentam temperatura média por volta dos 35 °C, e na saída do *chiller*, a temperatura das carcaças deve ser igual ou inferior a 7 °C [4,5].

A deterioração da carne de frango causada por micro-organismos geralmente restringe-se às superfícies externas, caracterizando-se pela formação de odores indesejáveis, limosidade e descoloração [6]. Durante o armazenamento da carne e de produtos cárneos, a oxidação lipídica resulta em perda de valor nutricional e de qualidade, através da deterioração do sabor, odor e cor [7]. A oxidação proteica, com formação de grupos carbonil, pode levar a uma diminuição da

disponibilidade de aminoácidos essenciais e queda da digestibilidade de proteínas [8]. Simopoulos [9] afirma que alguns ácidos graxos poli-insaturados, principalmente os *n-3* e *n-6*, têm mostrado benefícios à saúde humana.

A radiação ultravioleta (UV) é absorvida pelas proteínas e pelos ácidos nucléicos, podendo produzir modificações fotoquímicas letais para os micro-organismos [10]. A faixa de radiação UV que é considerada germicida é entre 220 e 300 nm (UV-C), e geralmente o comprimento de onda de 254 nm é utilizado para descontaminação [11].

Diversos trabalhos avaliam o uso de radiação UV-C na redução da carga microbiana em alimentos e seus impactos no pH, na cor [12-14], e na oxidação lipídica final [13], porém há falta de estudos que avaliem possíveis efeitos da radiação UV-C na iniciação da oxidação lipídica, no perfil de ácidos graxos (AGs) e na oxidação proteica.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de radiação UV-C, aplicadas na superfície de sobrecoxas de frangos a 5 °C e a 25 °C, sobre o perfil dos AGs, oxidação lipídica e oxidação proteica durante período de armazenamento a 5 °C. Dessa forma, investigando-se os efeitos da aplicação da UV-C em duas temperaturas próximas de etapas do abate.

2 Materiais e métodos

2.1 Amostras

Sobrecoxas de frangos foram adquiridas em mercado local na cidade de Santa Maria, RS, Brasil, e transportadas acondicionadas em bolsas térmicas até o prédio do Núcleo de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde permaneceram em uma câmara fria, a 5 °C, até o momento das análises.

2.2 Câmara de radiação UV-C

A câmara de radiação UV-C foi desenvolvida pelo Grupo de Estudo e Desenvolvimento de Reatores Eletrônicos (GEDRE) da UFSM e consistiu de duas lâmpadas de UV-C adaptadas à carcaça de um aparelho de micro-ondas convencional. As micro-ondas foram desativadas. A irradiância das lâmpadas foi medida com a utilização de um espectrorradiômetro (RPS 900, International Light Technologies, Peabody, MA, Estados Unidos). As lâmpadas foram estabilizadas por 5 min antes da medição. A medida foi feita com as duas lâmpadas ligadas na potência de 30 W, na parte central da base de vidro, a uma distância de 8 cm entre as lâmpadas e o detector, e de 10 cm entre o detector e a base de vidro. A irradiância medida foi de 22,53 W/m², e calculou-se que,

nessas condições, um diâmetro central de 20 cm confirmou essa irradiância (*ver apêndice B*). As amostras foram expostas a doses de 0 (controle), 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m².

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 amostra correspondeu a 10 cm (distância base de vidro-detector). Foi feita uma marcação de 20 cm no suporte preto referente ao diâmetro estabelecido, sendo as amostras somente colocadas nesse intervalo.

2.3 Aplicações da radiação UV-C

Na aplicação da radiação UV-C a 5 °C, tanto a temperatura interna da câmara de radiação UV-C quanto a das amostras foram levadas a essa temperatura. Para o controle da temperatura da câmara de radiação UV-C, a mesma foi colocada dentro de uma câmara fria, com temperatura controlada de 5 °C, sendo a temperatura interna da câmara de radiação UV-C medida com auxílio de termômetro (2259/69, HG, São Paulo, SP, Brasil). Em cada pacote de sobrecoxas, foram adicionados 100 mL de água destilada esterilizada, a 5 °C, e agitou-se no sentido horizontal durante 15 s. Então, o excesso de água foi descartado e a temperatura superficial das peças foi medida com auxílio de um termômetro de infravermelho digital (IR-102, Shenzhen Calibeur Industries, Pequim, China). Após, as sobrecoxas foram separadas para o grupo controle (que não receberam irradiação) e, de 3 em 3, as sobrecoxas foram irradiadas durante 4 e 7 min, o que levou a doses de 5,4 kJ/m² e 9,46 kJ/m², respectivamente. Para a preparação das amostras dos 3°, 6°, 9° e 12° dias, o número de sobrecoxas e o método de irradiação foram os mesmos. Após irradiadas, as amostras foram embaladas, três a três, em sacos plásticos e mantidas em câmara fria, a 5 °C, até os respectivos dias de análise. Antes da aplicação da radiação UV-C, as lâmpadas foram estabilizadas por 5 min.

Para aplicar a radiação UV-C a 25 °C, a temperatura interna da câmara de radiação foi elevada até 25 °C, e mantida nessa temperatura durante todo o tempo em que as sobrecoxas foram irradiadas. Para medir essa temperatura, utilizou-se um termômetro (2259/69, HG, São Paulo, SP, Brasil). Para aumentar a temperatura das amostras até 25 °C, os pacotes de sobrecoxas foram mantidos durante 20 min em estufa a 36 °C, após foram retirados e mantidos a 25 °C durante 20 min. A cada pacote de sobrecoxas foram adicionados 100 mL de água destilada esterilizada, a 25 °C, e procedeu-se agitação no sentido horizontal durante 15 s. Então, o excesso de água de cada pacote foi descartado e a temperatura superficial das sobrecoxas foi medida com um termômetro de infravermelho digital (IR-102, Shenzhen Calibeur Industries, Pequim, China). O procedimento de irradiação foi o mesmo que foi realizado a 5 °C.

2.4 Análises físico-químicas

Todas as análises foram feitas nas peles das sobrecoxas de frangos. Para isso, após a irradiação, as peles foram retiradas, picadas com facas e trituradas com multiprocessador (RI 7620, Philips Walita, Amsterdam, Holanda) na velocidade 2 por 3 minutos.

2.4.1 Extração dos lipídeos

Os lipídeos foram extraídos de acordo com Bligh & Dyer [15] com algumas modificações. Em tubos de centrífuga, adicionou-se a 2 g de pele de frango triturada, 16 mL de metanol e 4 mL de água destilada e levou-se ao turrax (MA 102, Marconi, Piracicaba, SP, Brasil) a 2000 rpm durante 1 min. Após, adicionou-se 8 mL de clorofórmio, sendo os tubos colocados em agitador rotatório (MA 562, Marconi, Piracicaba, SP, Brasil) a 1500 rpm durante 30 min. Em seguida, adicionou-se 8 mL de clorofórmio e 8 mL de sulfato de sódio 1,5%. Os tubos foram agitados manualmente por 2 min. Após, centrifugou-se (MDT III PLUS, Servilab, São Leopoldo, RS, Brasil) a 1000 rpm por 2 min para acelerar a separação das fases. Retirou-se aproximadamente 10 mL da fase lipídica, aos quais se adicionou 1 g de sulfato de sódio anidro, tampou-se e agitou-se manualmente para remover os traços de água. Filtrou-se rapidamente. Para as determinações do índice de peróxidos (IP) e do teor de dienos conjugados (DCs), foram secos em bomba de hidrovácuo em banho-maria a 40 °C, 2 mL do filtrado, após a gordura foi pesada para cada determinação. Para o teor de AGs, secou-se 240 µL do filtrado.

2.4.2 Perfil de ácidos graxos

Retirou-se 240 µL da fase lipídica, os quais representavam entre 10 a 20 mg de lipídeo, secou-se em bomba de hidrovácuo (MA 053, Marconi, Piracicaba, SP, Brasil) a 760 mmHg em banho-maria a 40 °C, até toda a remoção do clorofórmio (aproximadamente 30 min). A esterificação foi feita pelo método proposto por Hartman & Lago [16] adaptado por Milinsk et al. [17]. À amostra seca em bomba de vácuo, adicionou-se 1 mL de solução 0,4 M de KOH em metanol e tampou-se o tubo. Colocou-se o tubo em banho-maria por 10 min a 100 °C. Resfriou-se o tubo à temperatura de 20 °C. Adicionou-se 3 mL de solução 1M de H₂SO₄. O tubo foi tampado e colocado novamente em banho-maria 10 min a 100 °C. Então, adicionou-se 2 mL de hexano. Após, centrifugou-se o tubo a 1000 rpm por 30 s, e a fase superior (orgânica) foi coletada em eppendorf.

Os ésteres metílicos dos ácidos graxos (FAMES) foram analisados em um cromatógrafo a gás (3400CX, Varian, Santa Clara, CA, Estados Unidos) com detector de ionização em chama (GC-FID), com amostrador automático (Varian 8200 Autosampler). As condições foram as seguintes: injetou-se 1 µL de FAMES dissolvidos em hexano; vazão split: 1:50. A temperatura de injeção foi de 230 °C. O gás de arraste foi o hidrogênio; vazão inicial de 2,17 cm³/min e pressão constante de

15 psi. A separação ocorreu em coluna capilar ZB-FFAT (60 m x 0,25 mm) com espessura de 0,25 µm (Zebron, Newport Beach, CA, USA). A temperatura da coluna foi programada a partir de 60 °C (1 min) a 180 °C (20 °C/min); 220 °C (2 °C/min); 230 °C (10 °C/min, 10 min). A temperatura do detector foi de 230 °C. A identificação dos picos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção dos ácidos graxos das amostras com os dos padrões (FAME Mix-37, Sigma Aldrich) e a quantificação foi feita pela normalização das áreas dos picos com a utilização do programa T2100P (Shangai Techcomp Instruments Co. Ltd., Shangai, China). Os resultados foram apresentados como a porcentagem de cada ácido graxo identificado na fração lipídica. O perfil de AGs foi analisado no dia zero e no 6° e 12° dias de armazenamento a 5 °C.

2.4.3 Oxidação lipídica

2.4.3.1 Teor de DC

O teor de DC foi mensurado de acordo com Recknagel & Glende [18]. 0,02 g de gordura foram pesados e dissolvidos em 3 mL de ciclohexano, após a absorvância foi lida em 232 nm com espectrofotômetro UV (Cirrus 80 ST, Femto, São Paulo, SP, Brasil) contra um branco. Todas as absorvâncias lidas foram transformadas para uma base uniforme de 1 mg de lipídeo por mL de ciclohexano. O teor de DC foi mensurado durante todo o período de armazenamento.

2.4.3.2 IP

O IP foi determinado de acordo com Shanta & Decker [19]. 0,01-0,3 g da gordura foram pesados, misturados com 9,8 mL de clorofórmio:metanol (7:3) em vortex (ts 200, Arsec, Cotia, SP, Brasil). 50 µL de tiocianato de amônio 30% foram adicionados e a amostra foi misturada em vortex. Então, 50 µL de uma solução 1 mg/mL de FeCl₂ foram adicionados e a amostra foi novamente misturada em vortex. Deixou-se a amostra no escuro, a 20 °C, por 5 min, após a absorvância foi lida em 500 nm utilizando espectrofotômetro UV-Vis (6300, Jenway, Dunmow, ES, Reino Unido) contra um branco. Os resultados foram expressos em meq O₂/kg lipídeo. O IP foi medido durante todo o período de armazenamento.

2.4.3.3 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A aproximadamente 5 g de amostra triturada foram adicionados 0,5 mL de butil hidroxitolueno (BHT) 0,15% e 20 ml de ácido tricloroacético (TCA) 5%. Estes foram homogeneizados em turrax (MA 102, Marconi, Piracicaba, SP, Brasil) a 2000 rpm por 3 min. Após, a solução foi filtrada, sendo retiradas duplicatas de 1 mL da solução filtrada e transferidas para tubos de ensaio com a adição de 1 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,08 M. Os tubos de ensaio

foram tampados e aquecidos em banho-maria a 95 °C por 5 min, e após esfriarem até temperatura de 20 °C, foi realizada a leitura das absorvâncias em espectrofotômetro UV-Vis (6300, Jenway, Dunmow, ES, Reino Unido) em 531 nm contra um branco [20].

Os valores de TBARS foram expressos em mg de malonaldeído por kg de amostra e, para a determinação do malonaldeído formado na reação com o ácido tiobarbitúrico, foi feita uma curva com concentrações padrões de 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) de $1,10^{-8}$ a $7,10^{-8}$ mol/mL. O fator da curva de calibração foi calculado multiplicando-se o valor do coeficiente angular por $7,2.10^{-7}$. O índice de TBARS foi calculado de acordo com a Eq. (1):

$$\text{TBARS (mg malonaldeído/kg amostra): } \frac{Abs \times F}{10} \times peso \quad (1)$$

onde *Abs* é a média das absorvâncias das duplicatas; *F* é o fator da curva de calibração e *peso* é peso da amostra em gramas.

Os valores de TBARS foram mensurados durante todo o período de armazenamento.

2.4.4 Teor de proteínas e oxidação proteica

O teor de proteínas foi determinado de acordo com Lowry et al. [21]. Primeiramente, realizou-se a confecção de uma curva padrão de albumina de soro bovino. Para isso, em duplicata, misturaram-se, respectivamente, diferentes volumes de albumina 1 mg/mL (10, 20, 30 e 40 µL) com volumes de água destilada (190, 180, 170 e 160 µL). Após, adicionou-se 1 mL da uma solução “D” (que consistiu em uma mistura de soluções de NaOH 0,1N com Na₂CO₃ 2%, CuSO₄ 1% e KNaC₄H₄O₆ 2%, na proporção 50:0,5:0,5, respectivamente) em cada tubo, e agitou-se com vortex. Aguardou-se 10 minutos, após adicionou-se 100 µL do reagente de Folin Ciocateau 1N, agitando-se novamente com auxílio de vortex. Os tubos foram deixados no escuro durante 30 min. Após, procedeu-se a leitura da absorvância em 650 nm, zerando-se o espectrofotômetro com um branco.

Calculou-se a concentração final do padrão de albumina, sendo esse representado pelo volume utilizado do padrão dividido pelo volume total. O fator de calibração para cada concentração foi calculado, sendo que o mesmo correspondeu à divisão entre a concentração do padrão e sua absorvância. Calculou-se o fator de calibração médio, encontrando-se o valor de 0,111.

Para a realização da análise, testou-se a diluição da amostra na qual a absorvância melhor se enquadrava na curva padrão. Para isso, utilizaram-se como unidade amostral, 2 g de pele triturada e 8 mL do tampão fosfato-salino (14,4 g de Na₂HPO₄, 2,4 g de KH₂PO₄, 80 g de NaCl, 2 g de KCl, completando a 1 L com água destilada), com pH 7,4. Triturou-se em turrax (MA 102, Marconi, Piracicaba, SP, Brasil) a 2000 rpm por 2 min. Em duplicata, diluiu-se a amostra 2, 3, 5, 10 e 15 vezes com água destilada. Adicionou-se 1 mL da solução D em cada eppendorf e agitou-se.

Aguardou-se 10 min, após adicionou-se 100 μL do reagente de Folin Ciocateau 1 N. Os eppendorfs foram mantidos no escuro durante 30 min. Procedeu-se a leitura da absorvância em 650 nm, zerando o espectro com o branco. Concluiu-se que, diluindo-se a amostra 5 vezes, os valores de absorvância encontravam-se dentro da curva padrão.

Para a determinação do teor de proteínas de cada amostra, diluiu-se a amostra corretamente e, para cada duplicata, utilizou-se 20 μL da amostra diluída e completou-se com 180 μL de água. Preparou-se um branco (200 μL de água destilada). Após adicionou-se 1 mL da solução D e agitou-se. Aguardou-se 10 min, após adicionou-se 100 μL do reagente de Folin Ciocateau 1N. Os tubos foram mantidos no escuro e aguardou-se 30 min. Procedeu-se a leitura em espectrofotômetro em 650 nm contra o branco e, calculou-se o teor de proteínas de acordo com a Eq. (2):

$$\text{Teor de Proteínas (mg/mL): } \frac{Am \times 0,111 \times 5}{0,02} \quad (2)$$

onde Am é a média das absorvâncias das duplicatas.

A determinação do teor de proteínas oxidadas foi feita de acordo com Levine et al. [22]. Para cada tratamento, a partir das 2 g da amostra triturada em 8 mL de tampão fosfato-salino, retiraram-se três alíquotas de 1 mL e precipitaram-se as proteínas com 500 μL de TCA 10%. Agitou-se com auxílio de vortex e centrifugou-se a 3500 rpm por 5 min. Após a centrifugação, desprezou-se o sobrenadante, sendo que ao pellet formado de duas amostras, adicionou-se 250 μL de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) 0,01 M dissolvida em HCl 2 M e, à outra amostra, adicionou-se 250 μL de HCl 2 M, sendo essa amostra o branco. Agitaram-se as amostras com vortex até dissolver bem o pellet e incubaram-se as mesmas, sob abrigo da luz, durante 30 min, sendo agitadas com vortex aos 15 min de incubação. Após a incubação, agitou-se com vortex e, novamente, precipitou-se as proteínas com 250 μL de TCA 10% em cada amostra. Procedeu-se a agitação com auxílio de vortex e centrifugou-se a 3500 rpm por 5 min. Removeu-se a DNPH lavando-se duas vezes cada amostra com 500 μL de uma solução de etanol:acetato de etila 1:1, seguido de centrifugação a 3500 rpm por 5 min após cada lavagem. Após, desprezou-se o sobrenadante, e o pellet formado foi dissolvido em 1,5 mL de tampão dodecilsulfato de sódio (SDS) 2% (pH 8). As amostras foram colocadas em banho-maria a 37 °C por 10 min. A absorvância do sobrenadante foi lida em 370 nm, sendo o espectrofotômetro zerado com tampão SDS 2%.

O teor de proteínas oxidadas (nmol carbonil/mg proteína) foi calculado de acordo com a Eq. (3):

$$\text{Teor de proteínas oxidadas (nmol carbonil/mg proteína): } \frac{(Am - Ab) \times 68,18}{ptn} \quad (3)$$

onde, Am é média das absorvâncias das duplicatas; Ab é a absorvância do branco; e ptn , é o teor de proteína de cada amostra (mg/mL).

O teor de proteínas e a oxidação proteica foram calculados durante todo o período de armazenamento.

2.5 Análises Estatísticas

Para cada tratamento, foram feitas três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância univariada, e suas médias foram comparadas pelo teste Tukey à 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no aplicativo Statistica versão 7.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, EUA).

3 Resultados e discussões

Como pode ser visto na tabela 1, a composição dos ácidos graxos nas peles de frangos não diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre as doses aplicadas em uma mesma temperatura, independente do dia de armazenamento. Os resultados encontrados são semelhantes aos de Maxwell e Rady [23], que irradiaram pele de frango com até 10 kGy de radiação gama entre 2-5 °C e não observaram diferenças significativas no perfil de AGs em relação ao controle. Diferente dos resultados encontrados por Badr [24], que aplicou radiação gama em doses de 1,5 e 3 kGy em pele de peito de frango, e observou uma pequena diminuição no total de AGs insaturados e um correspondente aumento no total de AGs saturados durante período de armazenamento a 4 ± 1 °C.

Feddern *et al.* [25] avaliando o perfil de AGs da pele de frango, encontraram em maiores quantidades os AGs oleico (34,78%), linoleico (28,23%) e palmítico (23,52%), resultados semelhantes aos encontrados na temperatura de 5 °C (tabela 1). Já Sheu e Chen [26] analisando pele de diferentes cortes de frangos, observaram que os AGs em maiores quantidades foram o oleico (42,5%), palmítico (27,1%) e linoleico (14,1%). Ferrari e Koller [27], em seu trabalho com gordura de frango, encontraram que os teores de ácido oleico, palmítico e linoleico foram de 40,53%, 23,85% e 20,94%, respectivamente. Os teores de ácido oleico, linoleico e palmítico das peles submetidas à radiação UV-C a 25 °C foram semelhantes aos encontrados pelos últimos autores (tabela 1).

Independente do dia de armazenamento, ocorreram reduções significativas ($p < 0,05$) nos teores dos AGs C18:2 n -6 e C18:3 n -3 na aplicação a temperatura de 25 °C em relação a aplicação a 5 °C (tabela 1). Isso aconteceu devido às reações de iniciação da oxidação de gorduras terem sido promovidas pelo impacto ou absorção de energia [28], dessa forma, com o maior impacto de energia a 25 °C do que a 5 °C, ocorreu maior promoção do início da oxidação lipídica a 25 °C. A

cada 15 °C de aumento da temperatura, a velocidade da auto-oxidação dobra. Isso se explica pelo fato de que um aumento inicial de temperatura acelera dois fatores: as reações de propagação em cadeia e a decomposição dos peróxidos, resultando em um aumento na concentração de radicais livres disponíveis para o início e a disseminação das cadeias em reação [29]. Dessa forma, o tratamento térmico inicial aplicado nas sobrecoxas dentro das embalagens com a finalidade de atingir 25 °C, que consistiu em deixá-las por 20 min a 36 °C em estufa, seguido de acondicionamento por 20 min a 25 °C, com posterior adição de água a 25 °C favoreceu a diminuição dos teores dos AGPIs *n-6* e *n-3*. Damodaran et al. [30] afirmam que a facilidade para a formação de radicais ácidos graxos aumenta com o crescimento da insaturação, fato esse observado uma vez que ocorreu a redução dos teores dos AGPIs a 25 °C. Em músculos de frangos submetidos à radiação gama a – 20 °C ocorreram menos alterações no perfil de AGs do que em músculos submetidos à radiação entre 2-5 °C, demonstrando que é melhor se aplicar a radiação gama em baixas temperaturas [31], sendo o mesmo observado para a aplicação da radiação UV-C.

Na tabela 2 é apresentado o somatório das quantidades dos AGs divididos em classes (saturados, AGMIs, AGPIs, *n-6*, *n-3* e relação *n-6/n-3*). Apesar da diminuição dos AGPIs C18:2*n-6* e C18:3*n-3* a 25 °C, a quantidade de AGs insaturados (AGMIs + AGPIs) foi bem próxima da quantidade a 5 °C, devido ao maior teor de AG C18:1*n-9* encontrado nas amostras a 25 °C. Esse maior teor do AG C18:1*n-9* seria devido à energia necessária para dissociar uma ligação de um hidrogênio alílico ser aproximadamente 10 kcal/mol maior do que a energia para dissociar um hidrogênio bis-álílico, assim taxas razoáveis de auto-oxidação de AGMIs só podem ser alcançadas a elevadas temperaturas [32]. Entretanto, durante todo o período de armazenamento, a temperatura de 5 °C levou a uma razão *n-6/n-3* menor, o que indica que o uso dessa temperatura de irradiação é melhor, devido a estudos comprovarem que uma razão dietética baixa de AGPIs *n-6/n-3* proporciona benefícios à saúde dos consumidores [33]. Durante o período de armazenamento, nenhum dos ácidos graxos teve modificações significativas em suas quantidades, independente da dose e temperatura de aplicação da radiação UV-C (estatística não mostrada).

A formação de ligações duplas conjugadas em ácidos graxos poli-insaturados caracteriza a etapa de iniciação da oxidação lipídica [30]. Os teores de DCs aumentaram até o 6º dia de armazenamento e posteriormente diminuíram até o 12º dia, independente da dose de radiação UV-C aplicada (figura 1). Em uma mesma temperatura de aplicação, as doses de radiação UV-C não provocaram diferenças significativas ($p > 0,05$) nos teores de DCs das peles de frangos durante todo o período de armazenamento.

Para todas as doses de radiação UV-C aplicadas, valores maiores de DCs, com diferenças significativas ($p < 0,05$), foram encontrados quando se utilizou a temperatura de 25 °C do que a de

5 °C, durante todo o período de armazenamento (figura 1). Os maiores índices de DCs podem ser explicados pelo efeito do tratamento térmico a 25 °C. De acordo com Ramalho e Jorge (2006), na etapa de iniciação da oxidação lipídica ocorre a formação dos radicais livres do ácido graxo devido à retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo, em condições favorecidas de luz e calor [34]. Porter et al. [32] afirmam que a formação de um radical lipídico na etapa de iniciação da oxidação lipídica pode ocorrer pela clivagem homolítica térmica ou fotoquímica da ligação carbono-hidrogênio ou pela abstração de um átomo de hidrogênio da ligação carbono-hidrogênio por um radical livre. Dessa forma, a 25 °C ocorreu maior abstração de hidrogênios dos AGPIs *n*-6 e *n*-3, o que levou a formação de mais radicais ácidos graxos e, conseqüentemente, a uma maior formação de DCs. Formado o radical, este é estabilizado pela deslocalização sobre a ligação dupla e, no caso de AGPIs, a partir da formação de ligações duplas conjugadas [30]. Assim, pode-se correlacionar o menor teor de AGPIs com o maior teor de DCs na aplicação da radiação a 25 °C.

Os dienos conjugados formados na etapa de iniciação reagem com o oxigênio atmosférico e produzem radicais peróxidos, os quais podem abstrair mais hidrogênios, assim, propagando a reação de oxidação [35]. Como pode ser visto na figura 2, os IPs das peles de frangos submetidas às doses de radiação UV-C não diferiram entre si, em uma mesma temperatura de aplicação da radiação UV-C, independente do dia de armazenamento. Hampson et al. [36], irradiando músculos *Longissimus Dorsi* suíno, bovino e caprino e perna e peito de peru com doses de radiação gama entre 0-10 kGy e analisando o IP logo após a irradiação, também não observaram aumento nos índices com o aumento da dose, independente do animal. Diferente do encontrado por Lefebvre et al. [37], que irradiaram carne bovina moída magra com doses de 1, 2,5 e 5 kGy de radiação gama e observaram um aumento do IP de até doze vezes quando aplicada a dose 5 kGy em relação a amostra não irradiada, no 16º dia de armazenamento a 4 °C.

Os IPs foram maiores a 5 °C do que a 25 °C, mas somente observaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) no 6º dia de armazenamento para todas as doses e logo depois de aplicada a radiação UV-C (zero dia) para o controle. Os AGMIs, devido às suas estruturas, não são capazes de formar dienos conjugados, e assim, formam radicais peróxidos já no início de sua oxidação. Observou-se que a 5 °C os teores dos AGs C16:1 e C18:1 n -9 foram menores do que a 25 °C (tabela 1), ocorrendo maior formação de peróxidos a 5 °C (figura 2).

Feddern et al. [25], caracterizando a composição físico-química da pele de frango, encontraram IP de 2,14 meq O₂/kg de lipídeo. Ferrari e Koller [27], para fracionar a gordura de frango, extraíram-na do tecido adiposo por derretimento e filtração, encontrando IP de 2,8 meq O₂/kg de lipídeo. Os últimos autores mencionam que valores acima de 5 meq/kg indicam

características sensoriais indesejáveis da gordura e já perceptíveis para o paladar, e, quando o IP encontra-se acima de 10 meq/kg, o produto encontra-se no processo de rancificação, sendo inadequado para o consumo. O valor máximo de IP foi de 1,204 meq O₂/kg de lipídeo, encontrado para o controle, na temperatura de aplicação de 5 °C, no 6° dia de armazenamento (figura 2). Dessa forma, durante todo o período de armazenamento, nossos resultados sugerem que nenhum dos tratamentos apresentou odores de ranço.

O valor de TBARS representa o grau de oxidação lipídica em alimentos, um fator importante na deterioração oxidativa da carne de frango [38]. Observou-se que os valores de TBARS não diferiram entre as doses de radiação UV-C aplicadas, para uma mesma temperatura de aplicação, em todos os dias de armazenamento (tabela 3). Logo após a aplicação da radiação (zero dia), no 3° e 9° dias de armazenamento, os valores de TBARS também não diferiram entre todas as doses para ambas as temperaturas (tabela 3).

Chun et al. [13], avaliaram o uso de até 5 kJ/m² de radiação UV-C sobre peitos de frangos durante 6 dias de armazenamento sob refrigeração, e também não observaram diferenças significativas entre as doses em um mesmo dia de armazenamento. A aplicação de 1, 2 e 3 kGy de radiação gama em carne de frango levou a aumento nos valores de TBARS dependente da dose, mas sem diferenças significativas em relação aos valores de TBARS das amostras não irradiadas [39]. Gomes et al. [40] irradiando carne de frango mecanicamente desossada com doses de 3 kGy e 4 kGy de radiação gama e analisando o índice de TBARS ao longo de 12 dias de armazenamento a 2 ± 1 °C, observaram que, a partir do 4° dia de armazenamento, os índices de TBARS das doses foram maiores e diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos índices do controle. A aplicação de 2,5 kGy de radiação gama também favoreceu o aumento nos índices de TBARS da carne de frango em relação ao controle ao longo de 4 semanas de armazenamento entre 0-3 °C [41]. As gorduras estão entre os componentes menos estáveis dos alimentos, sendo muito suscetíveis a radiações ionizantes, as quais são capazes de gerar radicais livres, acelerando a oxidação dos ácidos graxos insaturados [42], e assim levando a formação mais rápida de TBARS. A radiação gama, devido a sua maior energia, leva a maiores valores de TBARS comparada à radiação UV-C.

Os aromas de ranço em carnes são inicialmente detectados em valores de 0,5 a 2,0 mg malonaldeído por kg de carne [43]. Durante os 12 dias de armazenamento das sobrecoxas de frangos a 5 °C, independente do tratamento, os valores de TBARS nas peles dos frangos não chegaram a promover odores de ranço, uma vez que os maiores valores encontrados foram de 0,109 mg malonaldeído/kg amostra, no 6° dia de armazenamento das amostras submetidas a 5,4 kJ/m² de radiação UV-C, aplicada a 5 °C (tabela 3).

A carbonilação de proteínas é uma modificação não enzimática e irreversível que envolve a formação de grupos carbonilas induzida pelo estresse oxidativo e outros mecanismos [44]. As cadeias laterais de alguns aminoácidos como arginina, lisina, treonina e prolina são oxidadas através de reações catalisadas por metais em resíduos de carbonilas [45]. A principal proteína da pele do frango é o colágeno, que é constituída pelos aminoácidos glicina, prolina, hidroxiprolina, arginina e alalina, os quais constituem 2/3 dos resíduos de aminoácidos do colágeno [46]. Assim, a prolina e a arginina seriam os principais aminoácidos suscetíveis à oxidação na pele de frango.

Os teores de oxidação proteica das peles de frango submetidas às doses de radiação UV-C não diferiram significativamente, independente da temperatura de aplicação, em todos os dias do armazenamento, exceto no 9º dia (tabela 4). Para a aplicação da radiação UV-C a 5 °C, no 9º dia de armazenamento, os teores de oxidação proteica das amostras submetidas a 5,4 e 9,46 kJ/m² de radiação UV-C foram maiores e diferiram significativamente ($p < 0,05$) do controle. No mesmo dia, a 25 °C, as amostras submetidas a 5,4 kJ/m² de radiação UV-C apresentaram os maiores teores de oxidação proteica (2 nmol/mg) e diferiram significativamente ($p < 0,05$) das amostras submetidas a 9,46 kJ/m² de radiação UV-C. Em amostras biológicas não oxidadas, o conteúdo de carbonil é de 1-2 nmol/mg proteína, o que representa modificação de cerca de 10% das proteínas celulares [47]. As aplicações de 5,4 e 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, a 5 e a 25 °C, não promoveram índices de oxidação proteica nas peles que as caracterizaram como oxidadas durante 12 dias de armazenamento a 5 °C, somente no 9º dia de armazenamento para a aplicação de 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, na temperatura de 5 °C, observou-se valor um pouco acima do limite (2,09 nmol/mg).

Xiao et al. [48] apresentaram resultados diferentes dos nossos, onde o uso de 3 kGy de radiação gama em carne de coxa de frango, provocou um pequeno, mas significativo aumento nos teores de oxidação proteica em relação ao controle, durante 7 dias de armazenamento sob refrigeração. A carne de coxa de frango tem altos níveis de ácido glutâmico, ácido aspártico, lisina e arginina [49], dessa forma possui aminoácidos semelhantes aos da pele. Kanatt et. al. [41] aplicando 2,5 kGy de radiação gama em carne de frango sem pele e armazenada entre 0-3 °C durante 4 semanas, observaram que a dose levou a maiores conteúdos de carbonil, que diferiram significativamente ($p < 0,05$) do controle durante todo o período de armazenamento, sendo que na 2ª semana, os valores de carbonil das amostras irradiadas ultrapassaram 2 nmol/mg, enquanto que os do controle estavam abaixo desse limite. Rowe et al. [50] estudando a aplicação de radiação gama com dose de 6,4 kGy em tiras de lombo bovino, também observaram aumento nos teores de oxidação proteica em relação a amostras não irradiadas durante 14 dias de armazenamento a 4 °C.

A radiação gama induz a formação de espécies com elétrons desemparelhados como $\cdot\text{OH}$ e $\text{O}_2^{\cdot-}$, capazes de abstrair um hidrogênio de um carbono vizinho a um grupo amino da cadeia lateral de um aminoácido, levando a formação de um radical proteico de carbono. Em um passo posterior, formas oxidadas de íons metálicos aceitariam esse elétron do radical carbono, formando um radical imino, que é espontaneamente hidrolisado produzindo o semialdeído correspondente [44, 51]. Dessa forma, a aplicação da radiação UV-C nas condições do trabalho não induziu à oxidação proteica, diferente dos estudos com radiação gama, provavelmente devido à menor energia e ao efeito superficial da radiação UV-C.

4 Conclusões

A aplicação da radiação UV-C a 5 °C, independe da dose, não acelerou o início da oxidação lipídica nas peles de frangos, como ocorreu quando a radiação foi aplicada a 25 °C, para todas as doses. Os teores dos AGPIs reduziram significativamente ($p < 0,05$) com o uso da temperatura de 25 °C em relação a 5 °C, independente da dose de radiação UV-C. Os valores de TBARS e os teores de oxidação proteica não foram afetados pelas doses de radiação UV-C utilizadas nem pelas temperaturas de aplicação. Dessa forma, a aplicação da radiação UV-C na temperatura do abate onde as carcaças encontram-se a 5 °C, poderia ser utilizada para a redução de micro-organismos no processamento de frangos, sem promover o início da oxidação lipídica nem reduzir o teor dos AGs essenciais $n-6$ e $n-3$ das peles de frangos, além de ser uma alternativa à radiação gama, a qual favorece o aumento dos índices de TBARS e de oxidação proteica.

Os autores declararam nenhum conflito de interesse.

O manuscrito não contém experimentos utilizando animais.

O manuscrito não contém estudos com humanos.

Referências

- [1] Abef: Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frango. *Relatório Anual União Brasileira de Avicultura 2012*. São Paulo, SP, Brasil. Disponível online em <http://www.abef.com.br/>, Último acesso: Out. 2012.
- [2] Rabobank: Press Room Rabobank Group. *Crossroads for Growth: The International Poultry sector towards 2020*. Disponível em http://www.perscentrumrabobank.com/publications/food_agri/rabobank_report_crossroads_for_growth/, Último acesso: Out. 2012.

- [3] Olivo, R. *O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango*. Ed. do Autor. Criciúma (Brasil) 2006.
- [4] Brasil. Portaria nº. 210, de 10 de novembro de 1998. *Aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico Sanitária da Carne de Aves*. Disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=3162>, Último acesso: Set. 2012
- [5] Cotta, T. *Frangos de corte: criação, abate e comercialização*. Aprenda Fácil, Viçosa (Brasil) 2003.
- [6] Padilha, A. D. G., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (Brasil) 2007.
- [7] Xiao, S.; Zhang, W. G.; Lee, E. J.; Ma, C. W.; Ahn, D. U. Lipid and Protein Oxidation of Chicken Breast Rolls as Affected by Dietary Oxidation Levels and Packaging. *J. Food Sci.* 2011, 76, 612-617.
- [8] Lund, M. N.; Heinonen, M.; Baron, C. P; Estévez, M. Protein oxidation in muscle foods: A review. *Mol. Nutr. Food Res.* 2011, 55, 83–95.
- [9] Simopoulos, A. P. Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am J Clin Nutr* 1999, 70, (suppl):560S–9S.
- [10] Jay, J. M. *Microbiologia de alimentos*. Artmed, Porto Alegre (Brasil) 2005.
- [11] Guerrero-Beltrán, J. A.; Barbosa-Cánovas, G. V. Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. *Food Sci Tech Int* 2004, 10, 137-147.
- [12] Chun, H.; Kim, J.; Chung, K.; Won, M.; Song, K. B. Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteric serovar Typhimurium*, and *Campylobacter jejuni* in ready-to-eat sliced ham using UV-C irradiation. *Meat Sci.* 2009, 83, 599-603.
- [13] Chun, H. H.; Kim, J. Y.; Lee, B. D.; Yu, D. J.; Song, K. B. Effect of UV-C irradiation on the inactivation of inoculated pathogens and quality of chicken breasts during storage. *Food Control* 2010, 21, 276-280.
- [14] Lyon, S. A.; Fletcher, D. L.; Berrang, M. E. Germicidal Ultraviolet Light to Lower Numbers of *Listeria monocytogenes* on Broiler Breast Fillets. *Poult. Sci.* 2007, 86, 964-967.
- [15] Bligh, E. G.; Dyer, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 1959, 37, 911-917.
- [16] Hartman, L.; Lago, B. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab. Pract.* 1973, 22, 475-477.

- [17] Milinsk, M. C.; Matsushita, M.; Visentainer, J. V.; Oliveira, C. C.; Souza, N. E. Comparative analysis of eight esterification methods in the quantitative determination of vegetable oil fatty acid methyl esters (FAME). *J. Braz. Chem. Soc.* 2008, *19*, 1475-1483.
- [18] Recknagel, R. O.; Glende Jr., E. A. Spectrophotometric detection of lipid conjugated dienes. *Methods Enzymol.* 1984, *105*, 331-337.
- [19] Shanta, N. C.; Decker, E. A. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *J. AOAC Int.* 1994, *77*, 421-424.
- [20] Rajardo, S.; Sofos, N. J.; Schimidt, R. G. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *J. Agric. Food Chem.* 1992, *40*, 2182-2185.
- [21] Lowry, O.; Rosebrough, N. J.; Farr, A. L.; Randall, R. J. Protein determination with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951, *193*, 265-275.
- [22] Levine, R. L.; Ganland, D.; Oliver, C. N.; Amici, A.; Climent, I.; Lenz, A. G.; Ahn, B.W.; Shaltiel, S.; Stadtman, E. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymol.* 1990, *186*, 464-478.
- [23] Maxweel, R. J.; Rady, A. H. Effects of gamma irradiation at various temperatures on air and vacuum packed chicken tissues. II Fatty acid profiles of neutral and polar lipids separated from muscle and skin irradiated at 2-5 °C. *Radiat. Phys. Chem.* 1989, *34*, 791-796.
- [24] Badr, H. M. Chemical Properties of Chicken Muscles and Skin as affected by Gamma Irradiation and Refrigerated Storage. *J Food Technol* 2005, *3*, 1-9.
- [25] Feddern, V.; Kupski, L.; Cipolatti, E. P.; Giacobbo, G.; Mendes, G. L.; Badiale-Furlong, E.; Souza-Soares, L. A. Physico-chemical composition, fractionated glycerides and fatty acid profile of chicken skin fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2010, *112*, 1277-1284.
- [26] Sheu, K. S.; Chen, T. C. Yield and quality characteristics of edible broiler skin fat as obtained from five rendering methods. *J. Food Eng.* 2002, *55*, 263-269.
- [27] Ferrari, R. A.; Koller, F. R., The fractioning of chicken fat. *Publ. UEPG Exact Earth Sci. Agr. Sci. Eng.* 2001, *7*, 43-51.
- [28] Ferrari, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. *Rev. Nut.*, 1998, *11*, 3-14.
- [29] Oetterer, M.; Regitano-D'arce, M. A. B.; Spoto, M. *Fundamentos de ciência e tecnologia de alimento*, 1ª edição, Manole, Barueri (Brasil) 2006.
- [30] Damodaran, S.; Parkin, K. L.; Fennema, O. R. *Química de Alimentos de Fennema*, 4ª edição, Artmed, Porto Alegre (Brasil) 2010.

- [31] Rady A. M.; Maxwell R. J., Wierbicki E.; Phillips J. G. Effect of gamma irradiation at various temperatures and packaging conditions on chicken tissues. 1. Fatty acid profiles of neutral and polar lipids separated from muscle irradiated at - 20 °C. *Radiat. Phys. Chem.* 1988, *31*, 195-202.
- [32] Porter, N. A.; Caldwell, S. E.; Mills, K. A. Mechanisms of Free Radical Oxidation of Unsaturated Lipids. *Lipids*, 1995, *30*, 277-290.
- [33] Jankowski, J.; Zdunczyk, Z.; Mikulski, D.; Juskiewicz, J.; Naczmanski, J.; Pomianowski, J. F.; Zdunczyk, P. Fatty acid profile, oxidative stability, and sensory properties of breast meat from turkeys fed diets with a different n-6/n-3 PUFA ratio. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2012, *114*, 1025–1035.
- [34] Ramalho, V. C.; Jorge, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Quim. Nova*, 2006, *29*, 755-760.
- [35] Wheatley, R. A. Some recent trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation. *Trends Anal. Chem.* 2000, *19*, 617-628.
- [36] Hampson, J. W.; Fox, J. B.; Lakritz, L.; Thayer, D. W. Effect of Low Dose Gamma Radiation on Lipids in Five Different Meats. *Meat Sci.* 1996, *42*, 271-276.
- [37] Lefebvre, N. Thibault, C.; Charbonneau, R.; Piette, J. P. G. Improvement of Shelf-Life and Wholesomeness of Ground Beef by Irradiation-2. Chemical Analysis and Sensory Evaluation. *Meat Sci.* 1994, *36*, 371-380.
- [38] Botsoglou, N. A.; Christaki, E.; Fletouris, D. J.; Florou-Paneri, P.; Spais, A. B. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Sci.* 2002, *62*, 259-265.
- [39] Kanatt, S. R.; Chander, R.; Sharma, A. Effect of radiation processing on the quality of chilled meat products. *Meat Sci.* 2005, *69*, 269-275.
- [40] Gomes, H. A.; Silva, E. D.; Cardello, H. M. A. B.; Cipolli, K. M. A. V. B. Effect of gamma radiation on refrigerated mechanically deboned chicken meat quality. *Meat Sci.* 2003, *65*, 919-926.
- [41] Kanatt, S. R.; Paul, P.; D'Souza, S. F.; Thomas. P. Lipid Peroxidation in Chicken Meat During Chilled Storage as Affected by Antioxidants Combined with Low-Dose Gamma Irradiation. *J. Food Sci.* 1998, *63*, 198-200.
- [42] 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 Sci.* 2000, *56*, 387-395.
- [43] O'Neill, L. M.; Galvin K.; Morrissey, P. A.; Buckley, D. J. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products. *Br. Poult. Sci.* 1998, *39*, 365–371.

- [44] Estévez, M. Protein carbonyls in meat systems: a review. *Meat Sci.* 2011, 89, 259-279.
- [45] Rosa, C. S. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (Brasil) 2000.
- [46] Lund, M. N.; Heinonen, M.; Baron, C. P.; Estévez, M. Protein oxidation in muscle foods: A review. *Mol. Nutr. Food Res.* 2011, 55, 83-95.
- [47] Starke-Reed, P. E.; Oliver, C. N. Protein Oxidation and Proteolysis during Aging and Oxidative Stress. *Arch. Biochem. Biophys.* 1989, 275, 559-567.
- [48] Xiao, S.; Zhang, W. G.; Lee, E. J.; Ma, C. W.; Ahn, D. U. Effects of diet, packaging, and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation, and color of raw broiler thigh meat during refrigerated storage. *Poult Sci.* 2011, 90, 1348-57.
- [49] Australia New Zealand Food Standards Code. *Nuttab 2010 Online Searchable Database*. Disponível online em: <http://www.foodstandards.gov.au/consumerinformation/nuttab2010/nuttab2010onlinesearchabledatabase/onlineversion.cfm?&action=getFood&foodID=08C10381/> Último acesso: Nov. 2012.
- [50] Rowe, L. J.; Maddock, K. R.; Lonergan S. M.; Huff-Lonergan, E. Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. *J. Anim. Sci.* 2004, 82, 785–793.
- [51] Stefanova, R.; Vasilev, N. V.; Spassov, S. L. Irradiation of Food, Current legislation Framework, and Detection of Irradiated Foods. *Food Anal. Meth.* 2010, 3, 225-252.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Nível) e ao programa FIPE Sênior/UFSM.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos [%] de peles de frangos submetidas a doses de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e a 25 °C, logo depois de submetidas à radiação UV-C (dia zero) e no 6° e 12° dias de armazenamento a 5 °C.

	Temperatura 5 °C			Temperatura 25 °C		
	Controle	5,4 kJ/m ²	9,46 kJ/m ²	Controle	5,4 kJ/m ²	9,46 kJ/m ²
DIA 0						
C14:0	0,54 ^a	0,57 ^a	0,57 ^a	0,57 ^a	0,72 ^a	0,56 ^a
C16:0	21,38 ^c	21,11 ^c	21,81 ^{bc}	24,64 ^a	24,14 ^{ab}	23,64 ^{abc}
C16:1	4,81 ^c	5,13 ^{bc}	4,78 ^c	7,52 ^a	7,84 ^a	7,00 ^{ab}
C18:0	6,44 ^a	5,84 ^a	6,32 ^a	6,75 ^a	6,80 ^a	7,01 ^a
C18:1n-9 c,t	40,99 ^b	40,86 ^b	40,67 ^b	46,72 ^a	45,68 ^a	46,58 ^a
C18:2n-6 c,t	23,62 ^a	24,17 ^a	23,66 ^a	12,51 ^b	13,54 ^b	13,90 ^b
C18:3n-3	1,41 ^a	1,53 ^a	1,45 ^a	0,53 ^b	0,58 ^b	0,58 ^b
C20:1	0,42 ^a	0,39 ^a	0,41 ^a	0,45 ^a	0,40 ^a	0,40 ^a
C20:4n-6	0,39 ^a	0,41 ^a	0,34 ^a	0,30 ^a	0,31 ^a	0,33 ^a
DIA 6						
C14:0	0,56 ^a	0,54 ^a	0,55 ^a	0,59 ^a	0,61 ^a	0,58 ^a
C16:0	20,87 ^b	20,44 ^b	21,41 ^b	25,15 ^a	24,44 ^a	24,11 ^a
C16:1	4,32 ^b	4,80 ^b	4,89 ^b	7,77 ^a	8,18 ^a	7,57 ^a
C18:0	6,56 ^a	5,78 ^a	6,24 ^a	6,72 ^a	6,58 ^a	6,80 ^a
C18:1n-9 c,t	40,02 ^b	41,84 ^b	40,88 ^b	45,93 ^a	45,84 ^a	45,34 ^a
C18:2n-6 c,t	25,27 ^a	24,39 ^a	24,86 ^a	12,65 ^b	13,08 ^b	14,26 ^b
C18:3n-3	1,56 ^a	1,49 ^a	1,47 ^a	0,53 ^b	0,55 ^b	0,60 ^b
C20:1	0,40 ^a	0,42 ^a	0,40 ^a	0,42 ^a	0,42 ^a	0,41 ^a
C20:4n-6	0,43 ^a	0,31 ^b	0,28 ^b	0,24 ^b	0,29 ^b	0,33 ^b
DIA 12						
C14:0	0,51 ^a	0,52 ^a	0,55 ^a	0,66 ^a	0,56 ^a	0,64 ^a
C16:0	20,50 ^b	20,92 ^b	20,58 ^b	23,89 ^{ab}	24,17 ^a	23,99 ^a
C16:1	4,41 ^b	4,99 ^b	4,79 ^b	7,32 ^a	7,52 ^a	8,26 ^a
C18:0	6,33 ^a	6,07 ^a	6,05 ^a	7,07 ^a	6,92 ^a	6,68 ^a
C18:1n-9 c,t	42,13 ^b	41,32 ^b	41,48 ^b	46,05 ^a	46,19 ^a	45,76 ^a
C18:2n-6 c,t	23,92 ^a	23,97 ^a	24,28 ^a	13,75 ^b	13,41 ^b	13,37 ^b
C18:3n-3	1,42 ^a	1,43 ^a	1,48 ^a	0,58 ^b	0,57 ^b	0,57 ^b
C20:1	0,43 ^a	0,41 ^a	0,43 ^a	0,39 ^a	0,41 ^a	0,39 ^a
C20:4n-6	0,35 ^a	0,37 ^a	0,37 ^a	0,30 ^a	0,25 ^a	0,33 ^a

Médias com diferentes sobrescritos na mesma linha diferem significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 2. Conteúdo [%] de diversas classes de ácidos graxos de peles de frangos submetidas a doses de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e a 25 °C, logo depois de submetidas à radiação UV-C (dia zero) e no 6º e 12º dias de armazenamento a 5 °C.

	Temperatura 5 °C			Temperatura 25 °C		
	Controle	5,4 kJ/m ²	9,46 kJ/m ²	Controle	5,4 kJ/m ²	9,46 kJ/m ²
DIA 0						
Saturados	28,36	27,51	28,70	31,97	31,66	31,21
AGMIs	46,22	46,38	45,85	54,69	53,91	53,98
AGPIs	25,42	26,11	25,45	13,34	14,43	14,81
<i>n</i> -6	24,01	24,58	24,00	12,81	13,85	14,23
<i>n</i> -3	1,41	1,53	1,45	0,53	0,58	0,58
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	17,07	16,07	16,53	24,01	23,88	24,43
DIA 6						
Saturados	27,99	26,76	28,20	32,47	31,64	31,49
AGMIs	44,74	47,06	46,18	54,11	54,44	53,32
AGPIs	27,26	26,18	25,62	13,41	13,92	15,19
<i>n</i> -6	25,70	24,69	24,15	12,89	13,37	14,59
<i>n</i> -3	1,56	1,49	1,47	0,53	0,55	0,60
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	16,43	16,62	16,38	24,45	24,17	24,35
DIA 12						
Saturados	27,35	27,51	27,17	31,62	31,65	31,32
AGMIs	46,97	46,72	46,70	53,76	54,12	54,41
AGPIs	25,69	25,77	26,13	14,63	14,23	14,27
<i>n</i> -6	24,27	24,34	24,65	14,05	13,66	13,70
<i>n</i> -3	1,42	1,43	1,48	0,58	0,57	0,57
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	17,13	17,02	16,68	24,29	23,85	23,85

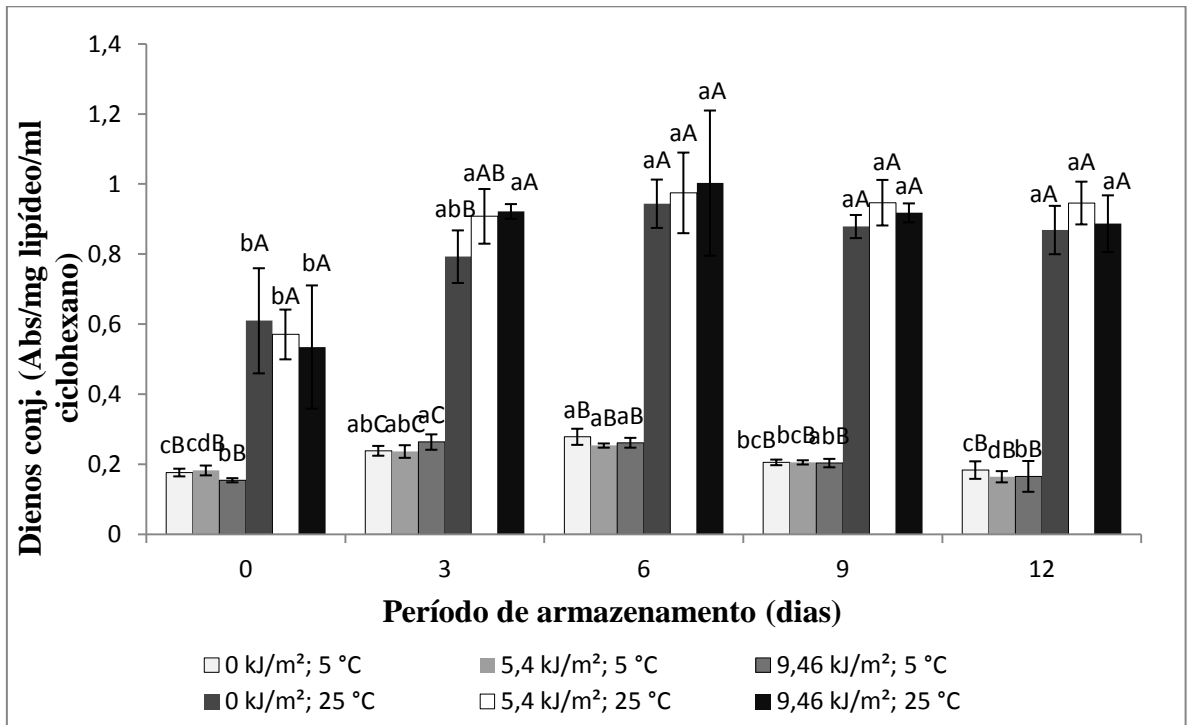


Figura 1

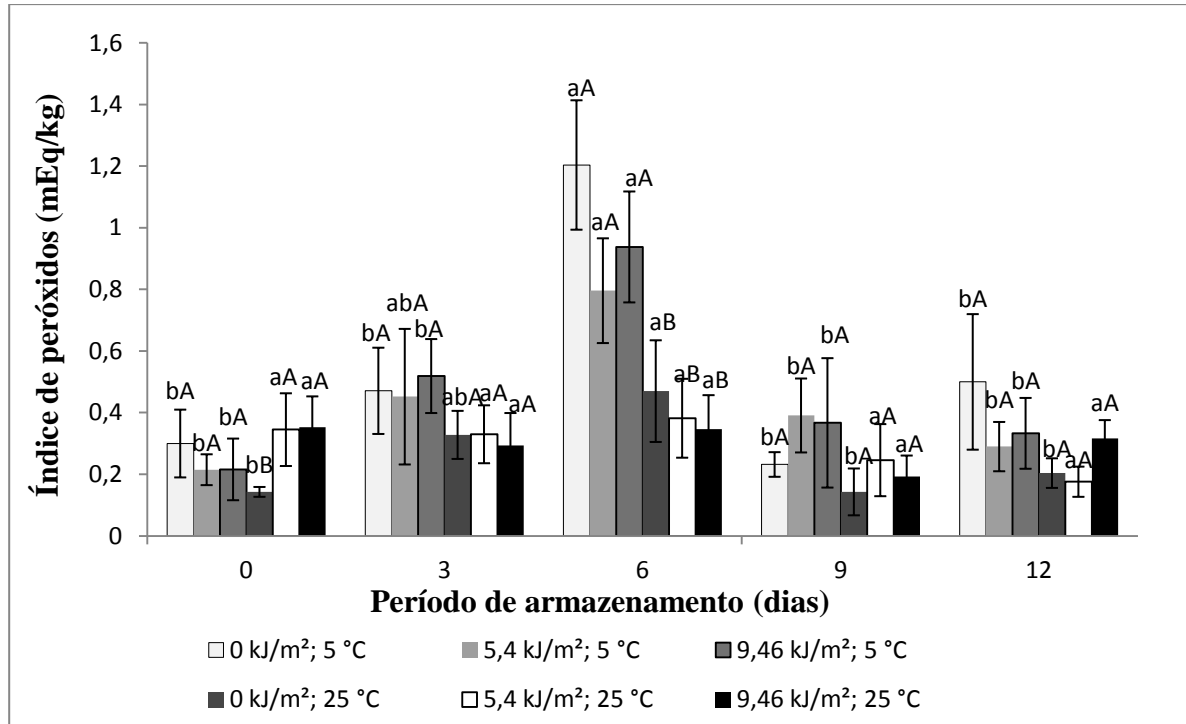


Figura 2

Legendas

Figura 1. Avaliação dos efeitos de diferentes doses de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e a 25 °C, sobre o teor de dienos conjugados [Absorvância/mg lipídeo/mL ciclohexano] de peles de frangos durante período de armazenamento a 5 °C.

Nota: Letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo do período de armazenamento e letras maiúsculas diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) em um mesmo dia de armazenamento.

Figura 2. Avaliação dos efeitos de diferentes doses de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e a 25 °C, sobre o índice de peróxidos [meq O₂/kg lipídeo] de peles de frangos durante período de armazenamento a 5 °C.

Nota: Letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo do período de armazenamento e letras maiúsculas diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) em um mesmo dia de armazenamento.

Tabela 3. Avaliação dos efeitos de diferentes doses de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e a 25 °C, sobre o índice de TBARS [mg malonaldeído/kg amostra] de peles de frangos durante período de armazenamento a 5 °C.

T [†] [°C]	DR [‡] [kJ/m ²]	Período de armazenamento (dias)				
		0	3	6	9	12
5	0	0,053 ± 0,011 ^{bA}	0,078 ± 0,036 ^{abA}	0,105 ± 0,002 ^{aA}	0,049 ± 0,018 ^{bA}	0,038 ± 0,006 ^{bC}
25	0	0,079 ± 0,020 ^{aA}	0,100 ± 0,046 ^{aA}	0,062 ± 0,030 ^{aB}	0,057 ± 0,005 ^{aA}	0,074 ± 0,031 ^{aABC}
5	5,4	0,049 ± 0,008 ^{cA}	0,080 ± 0,014 ^{bA}	0,109 ± 0,004 ^{aA}	0,055 ± 0,009 ^{cA}	0,047 ± 0,005 ^{cBC}
25	5,4	0,088 ± 0,048 ^{aA}	0,060 ± 0,010 ^{aA}	0,080 ± 0,013 ^{aAB}	0,075 ± 0,017 ^{aA}	0,088 ± 0,007 ^{aA}
5	9,46	0,050 ± 0,009 ^{bA}	0,055 ± 0,020 ^{bA}	0,091 ± 0,008 ^{aAB}	0,061 ± 0,011 ^{abA}	0,069 ± 0,01 ^{abABC}
25	9,46	0,076 ± 0,047 ^{aA}	0,074 ± 0,002 ^{aA}	0,064 ± 0,007 ^{aB}	0,073 ± 0,022 ^{aA}	0,082 ± 0,010 ^{aAB}

[†]Temperatura. [‡]Dose de radiação.

Médias ± desvios padrões seguidos por letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas diferem significativamente (p < 0,05).

Tabela 4. Avaliação dos efeitos de diferentes doses de radiação UV-C, aplicadas a 5 °C e a 25 °C, sobre a oxidação proteica [nmol carbonil/mg proteína] de peles de frangos durante período de armazenamento a 5 °C.

T [†] [°C]	DR [‡] [kJ/m ²]	Período de armazenamento (dias)				
		0	3	6	9	12
5	0	1,40 ± 0,36 ^{aA}	0,86 ± 0,32 ^{aA}	0,90 ± 0,26 ^{aA}	0,73 ± 0,38 ^{aBC}	1,47 ± 0,30 ^{aA}
25	0	1,50 ± 0,33 ^{aA}	0,90 ± 0,25 ^{bA}	1,25 ± 0,12 ^{abA}	1,04 ± 0,23 ^{bBC}	0,80 ± 0,14 ^{bA}
5	5,4	1,21 ± 0,31 ^{aA}	0,74 ± 0,02 ^{aA}	1,48 ± 0,25 ^{aA}	2,00 ± 0,38 ^{aA}	1,58 ± 1,02 ^{aA}
25	5,4	1,72 ± 0,55 ^{aA}	1,20 ± 0,16 ^{abA}	1,76 ± 0,23 ^{aA}	1,50 ± 0,17 ^{aAB}	0,78 ± 0,17 ^{bA}
5	9,46	0,99 ± 0,20 ^{aA}	0,72 ± 0,31 ^{aA}	2,09 ± 1,51 ^{aA}	1,59 ± 0,04 ^{aA}	1,14 ± 0,50 ^{aA}
25	9,46	1,49 ± 0,11 ^{aA}	0,84 ± 0,05 ^{bA}	1,77 ± 0,55 ^{aA}	0,85 ± 0,07 ^{bC}	0,64 ± 0,08 ^{bA}

[†]Temperatura. [‡]Dose de radiação.

Médias ± desvios padrões seguidos por letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas diferem significativamente (p < 0,05).

5 DISCUSSÃO GERAL

Como pode ser observado na tabela 2 do manuscrito 1, as aplicações de 5,4 e 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, tanto a 5 °C quanto a 25 °C, reduziram significativamente ($p < 0,05$) o número de colônias de bactérias aeróbias totais e de bactérias psicrotróficas em relação ao controle em boa parte do período de armazenamento das sobrecoxas de frangos. Em alguns casos, a dose de 9,46 kJ/m² teve maior efeito bactericida do que a dose de 5,4 kJ/m², mas na maioria das vezes, as reduções provocadas por elas não diferiram significativamente ($p > 0,05$). As doses aplicadas, na maioria das vezes, não provocaram efeito redutor no número de colônias de bolores e leveduras, independente da temperatura de aplicação da radiação UV-C. Entre outros fatores, o sucesso da descontaminação depende da regularidade do material e da concentração microbiana (GUERRERO-BELTRÁN & BARBOSA-CÁNOVAS, 2004), fatos que podem ter explicado as reduções no número de colônias somente em alguns dias.

A temperatura de 25 °C levou a um maior crescimento das bactérias mesófilas aeróbias totais e psicrotróficas mais do que a de 5 °C, com diferenças significativas ($p < 0,05$) durante a maior parte do período de armazenamento (tabela 2 – manuscrito 1). Em relação às bactérias mesófilas aeróbias totais, as doses de 5,4 e 9,46 kJ/m², no tratamento a 5 °C, levaram a número de colônias considerados dentro dos limites (ICMSF, 1986) até o 9º dia de armazenamento. O número de colônias de bactérias psicrotróficas nas peles encontrou-se acima de 7 log UFC/cm² já no 6º dia de armazenamento. Não há um limite para o número de colônias de bactérias psicrotróficas na legislação brasileira (ANVISA, 2001b). Porém, Miyagusku et al. (2003) verificaram que contagens de bactérias psicrotróficas em cortes de frangos resfriados entre 6,6 e 8,4 log UFC/g, determinaram a formação de limosidade e odor desagradável entre o 5º e o 8º dias de armazenamento. Assim, a partir do 6º dia de armazenamento, as peles dos frangos apresentaram sinais de deterioração, tanto a 5 quanto a 25 °C, independente das doses de radiação UV-C aplicadas.

O favorecimento do crescimento desses micro-organismos em relação às bactérias mesófilas aeróbias totais é devido ao armazenamento sob refrigeração (5 °C) (FRANCO & LANDGRAF, 1996). O alto número de colônias de bactérias psicrotróficas nas peles também pode ser explicado devido à deterioração das aves restringir-se principalmente à porção de superfície. As partes internas dos tecidos contém um número relativamente baixo de micro-organismos, os quais, em geral, não crescem em baixas temperaturas (JAY, 2005).

O crescimento das bactérias mesófilas aeróbias totais e psicotróficas esteve fortemente correlacionado com o pH das peles. Isso pode ser observado na tabela 2, que apresenta os valores dos coeficientes de determinação (R^2) entre essas variáveis para as duas temperaturas.

Tabela 2 – Coeficiente de determinação (R^2) entre o pH e o número de colônias de bactérias mesófilas aeróbias totais e psicotróficas nas temperaturas de aplicação da radiação UV-C.

Variáveis	Temperaturas	
	5 °C	25 °C
pH x mesófilas aeróbias	0,933	0,795
pH x psicotróficas	0,815	0,814

A tabela 2 demonstrou a influência do pH no crescimento desses micro-organismos nas peles de frangos, o que pôde ser visto durante o período de armazenamento, onde a grande variação das contagens desses micro-organismos de um dia para outro esteve relacionado ao pH ótimo de crescimento desses micro-organismos encontrado entre esses dias (tabelas 1 e 2 – manuscrito 1). O coeficiente de determinação foi calculado com o programa Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Inc, Redmond, WA, EUA).

Para visualizar a correlação existente entre os resultados das análises físico-químicas (pH, cor, perfil de ácidos graxos, teor de dienos conjugados, índice de peróxidos, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico e oxidação proteica), possibilitando o agrupamento das amostras, uma análise multivariada dos dados foi realizada.

A estatística multivariada é um conjunto de técnicas exploratórias de sintetização (ou simplificação) da estrutura de variabilidade dos dados, consistindo em estudar diversas variáveis simultaneamente. Dentre as técnicas de análise multivariada, existe a análise de componentes principais (PCA), que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em um pequeno número de combinações lineares, os chamados componentes principais (CPs), de dimensões equivalentes. Assim, são obtidas variáveis que retenham o máximo possível de informações e expliquem a maior parte da variabilidade total, revelando o tipo de relacionamento existente entre os dados (REIS, 2001).

A PCA foi realizada com os dados dos dias 0, 6 e 12, devido às análises de ácidos graxos serem realizadas nesses dias. Os dados foram organizados em uma matriz com 54 amostras (2 temperaturas x 3 doses de radiação UV-C x 3 dias de armazenamento x 3 repetições) e 17 variáveis físico-químicas (pH; L*; a*; b*; nove ácidos graxos; TBARS; IP; DC e oxidação proteica).

Para que os dados experimentais tivessem a mesma importância na análise, os dados foram autoescalados, ou seja, centrados na média e após divididos pelo desvio padrão. Este procedimento visa atribuir as variáveis a mesma magnitude, atribuindo a todas elas valor da média igual a zero e desvio padrão igual a um (FERREIRA et al., 1999). A PCA foi realizada com o software Pirouette 3.11 (Infometrix, Inc., Woodinville, WA, EUA). A partir dos CPs são gerados dois novos conjuntos de dados chamados de *scores* e *loadings*. Estes dois conjuntos trazem, respectivamente, informações sobre as amostras e as variáveis. Como os CPs são ortogonais, é possível examinar as relações entre amostras e variáveis através dos gráficos dos *scores* e dos *loadings* (MATOS et al. 2003).

As figuras 5 e 6 representam a análise de componentes principais para as amostras e variáveis físico-químicas, respectivamente. Os dois primeiros CPs agruparam as amostras em relação à temperatura de aplicação da radiação UV-C e período de armazenamento, e explicaram 52,27% da variância total dos dados. O primeiro CP, que explicou 38,2% da variância total dos dados, mostrou como informação majoritária a separação dos tratamentos em função da temperatura de aplicação da radiação UV-C (Figura 5), sendo os quadrantes positivos relacionados à temperatura de 25 °C e, os negativos, os relacionados a 5 °C.

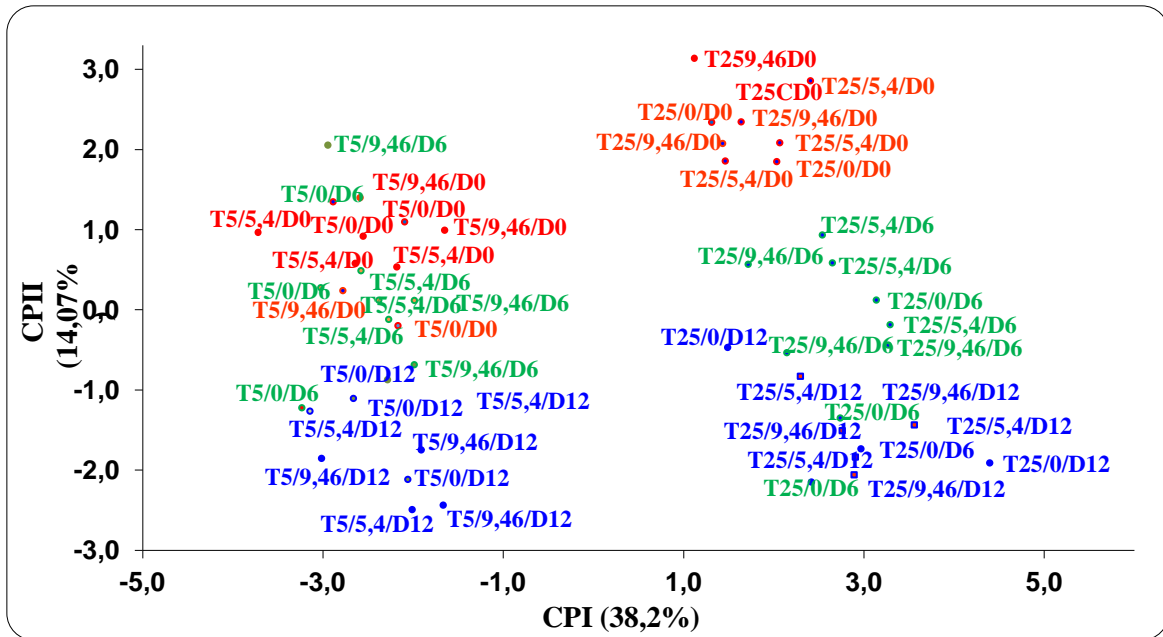


Figura 5 – PCA para as amostras submetidas a 0 (controle), 5,4 e 9,46 kJ/m² de radiação UV-C, aplicadas a 5 e 25 °C, durante 0, 6 e 12 dias de armazenamento a 5 °C (T=temperatura/dose de radiação/D=dia de armazenamento). Cores: vermelho: zero dia; verde: dia 6; azul: dia 12.

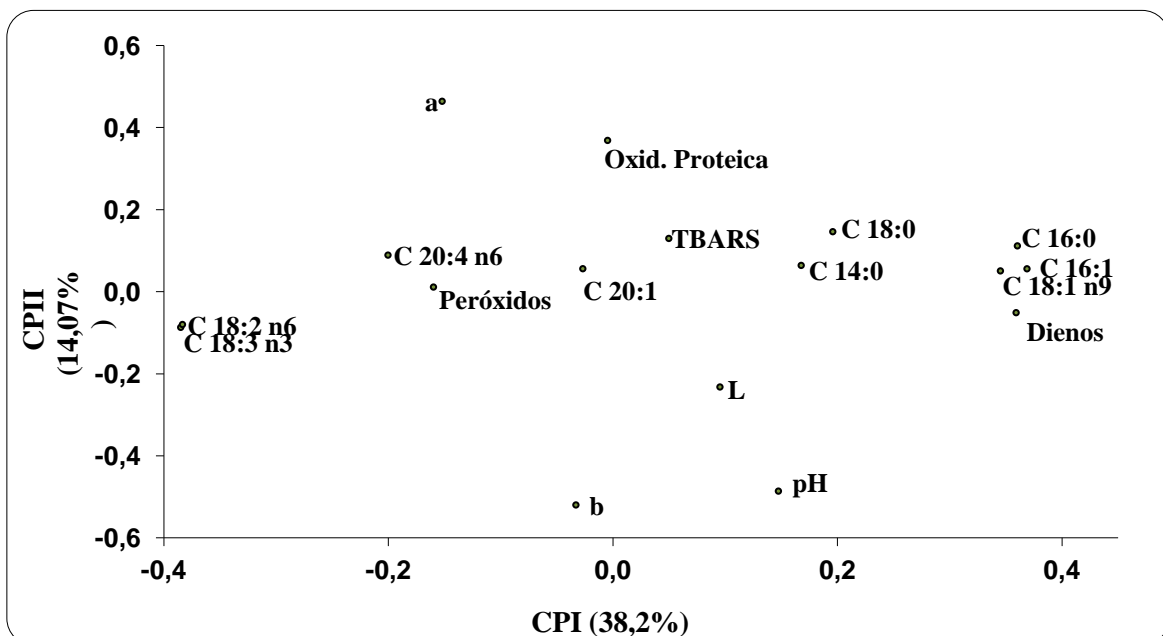


Figura 6 – PCA para as variáveis físico-químicas.

Em relação aos AGs, maiores teores dos AGPIs C18:2*n*-6 e C18:3*n*-3, além do C20:4*n*-6, foram encontrados quando aplicou-se a radiação UV-C a 5 °C (figuras 5 e 6; tabela 1 – manuscrito 2). Também se observou que os maiores teores de DCs foram encontrados quando as amostras foram tratadas a 25 °C, assim como os teores dos AGMIs e AGS (figuras 5 e 6; figura 1 – manuscrito 2; tabela 2 – manuscrito 2). Dessa forma, o efeito de promoção do início da oxidação lipídica e da consequente diminuição do teor dos AGPIs pela temperatura de 25 °C foi bem diferenciado pela PCA.

Maiores IPs também foram observados quando se aplicou a radiação UV-C a 5 °C em relação a 25 °C (figuras 5 e 6).

Os valores de TBARS e de oxidação proteica não sofreram grandes variações em relação à temperatura de aplicação da radiação UV-C, confirmando o resultado do teste de Tukey (figuras 5 e 6; tabelas 3 e 4 – manuscrito 2). Em relação ao período de armazenamento, os valores de TBARS e de oxidação proteica não apresentaram comportamento definido. Os valores de TBARS, assim como os IPs, foram considerados baixos e dentro dos limites para o aparecimento de odores (O'NEILL et al., 1998; FERRARI & KOLLER, 2001) ao longo do período de armazenamento. Os valores de oxidação proteica também não caracterizaram as amostras como oxidadas (STARKE-REED & OLIVER, 1989).

Em relação à cor, o parâmetro b* esteve correlacionado com o final do período de armazenamento (aumento nos dias 9 e 12), enquanto o parâmetro a* correlacionou-se com o início do armazenamento, o que foi evidenciado pelo segundo CP (figuras 5 e 6). O aumento dos valores do parâmetro b* e a diminuição dos valores do parâmetro a* ao longo do período de armazenamento confirmaram a cor verde-amarelada das peles, característica da viscosidade e da degradação causada pelos micro-organismos (FRANCO & LANDGRAF, 1996). Com o desenvolvimento das bactérias psicrotróficas, ocorre aumento do pH (TERRA & BRUM, 1988) e assim, menores valores do parâmetro a* e maiores valores do parâmetro b* correlacionaram-se com o aumento do pH (figuras 5 e 6).

Como pode ser visto no segundo CP, os maiores valores de pH foram observados no 12º dia de armazenamento, devido ao maior crescimento das bactérias psicrotróficas nesse dia (tabelas 1 e 2 – manuscrito 1).

Pôde ser visto que as variáveis físico-químicas sofreram grande influência da temperatura e do período de armazenamento. Não se observaram efeitos das doses de radiação UV-C nos parâmetros físico-químicos. Esse comportamento é considerado benéfico, uma vez que as doses não provocaram mudanças nos teores dos ácidos graxos, nem estimularam as

oxidações lipídica e proteica. Adicionalmente, não foram observadas modificações nos parâmetros da cor ou alterações no pH.

6 CONCLUSÃO

As doses de radiação UV-C de 5,4 e 9,46 kJ/m² mostraram-se efetivas na redução do número de colônias das bactérias mesófilas aeróbias totais em relação ao controle no 3°, 6° e 9° dias de armazenamento, tanto a 5 quanto a 25 °C. Em relação às bactérias psicrotróficas, na aplicação da radiação a 5 °C, a dose de 9,46 kJ/m² reduziu significativamente ($p < 0,05$) o número de colônias durante todo o período de armazenamento em relação ao controle, enquanto que a 25 °C, somente ocorreu redução significativa ($p < 0,05$) no 3° e 12° dias. A temperatura de 5 °C em relação a de 25 °C, levou a menores números de colônias tanto de bactérias totais quanto de psicrotróficas durante a maior parte do período de armazenamento. Os bolores e leveduras não foram afetados pela radiação UV-C. A partir do 6° dia de armazenamento, o número de colônias das bactérias psicrotróficas nas peles de frangos foi considerado característico de deterioração, independente da temperatura e dose de radiação UV-C aplicadas.

Em uma mesma temperatura, as doses 5,4 e 9,46 kJ/m² não provocaram alterações significativas ($p > 0,05$) nos teores de DCs em relação ao controle, independente do dia de armazenamento. O tratamento a 25 °C apresentou maiores teores de DCs com diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao tratamento a 5 °C. Dessa forma, a temperatura de 25 °C promoveu o início da oxidação lipídica. Os IPs das peles de frangos também não foram afetados significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de radiação UV-C, em uma mesma temperatura, independente do dia de armazenamento (exceto para o zero dia, na temperatura de 25 °C). Os IPs foram maiores a 5 °C do que a 25 °C, mas geralmente, sem diferenças significativas ($p > 0,05$). Os valores de TBARS também não diferiram ($p > 0,05$) entre as doses de radiação UV-C, para uma mesma temperatura de aplicação, em um mesmo dia de armazenamento. Logo após a aplicação da radiação (zero dia), no 3° e 9° dias de armazenamento, os valores de TBARS também não diferiram entre as doses para ambas as temperaturas.

Em uma mesma temperatura de aplicação, nenhum dos ácidos graxos foi afetado pelas doses de radiação UV-C, independente do dia de armazenamento. Os conteúdos dos AGPIs C18:2 n -6 e C18:3 n -3 foram menores no tratamento a 25 °C. Isso mostrou o efeito do tratamento térmico na abstração de hidrogênios desses AGs, com conseqüente maior formação de dienos conjugados nessa temperatura.

Os teores de oxidação proteica das amostras submetidas às doses de radiação UV-C não diferiram ($p > 0,05$) entre si, entre ambas as temperaturas, em todos os dias do armazenamento, exceto no 9º dia.

Os parâmetros L*, a* e b* da cor não foram afetados pelas doses de radiação UV-C aplicadas, em uma mesma temperatura, independente do dia de armazenamento.

Dessa forma, mostrou-se que as doses de radiação UV-C, aplicadas em uma mesma temperatura, não provocaram alterações nos parâmetros físico-químicos das peles de frangos.

O tratamento a 5 °C proporcionou menor crescimento de bactérias mesófilas aeróbias totais e psicotróficas, menores teores de dienos conjugados e maiores teores de ácidos graxos poli-insaturados n -6 e n -3 em relação a aplicação a 25 °C, fatos que confirmam as vantagens do uso da radiação nessa temperatura. Dessa forma, a radiação UV-C seria melhor aplicada no processamento de frangos no final do *chiller*.

O aumento da vida útil das sobrecoxas de frangos não foi observado com as doses aplicadas, devido principalmente aos altos números de colônias de bactérias psicotróficas no 6º dia de armazenamento sob refrigeração.

O uso de maiores doses de radiação UV-C a 5 °C pode ser campo para estudos futuros, já que as doses aplicadas promoveram reduções significativas nas contagens de bactérias mesófilas aeróbias totais e psicotróficas durante alguns dias do período de armazenamento e não provocaram modificações nos parâmetros físico-químicos das peles de frangos. O desenvolvimento de metodologias que permitam à aplicação de maiores doses radiação UV-C em menos tempo provavelmente possibilitaria uma maior redução da carga microbiana comparada à redução do presente estudo. Dessa forma, o uso da radiação UV-C, considerado barato, de fácil aplicação e seguro comparado à radiação gama, poderia se tornar mais eficiente na descontaminação da superfície de alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRANGO. **Relatório Anual União Brasileira de Avicultura 2012**. São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <http://www.abef.com.br/> Acessado em 03/10/12.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60335-2-27**. Parte 2-27: Requisitos particulares para aparelhos de exposição da pele à radiação ultravioleta e infravermelho. Rio de Janeiro, 2000.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. In: Horwitz W., editor. Washington: A.O.A.C., 2000.

ALLEN, V. M. et al. Hygiene aspects of modern poultry chilling. **International Journal of Food Microbiology**, v. 58, n. 1, p. 39-48, 2000.

ALFAIA, C. M. M. et al. Fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and cholesterol in beef from crossbred bullocks intensively produced and from Alentejana purebred bullocks reared according to Carnalentejana-PDO specifications. **Meat Science**, v. 72, n. 3, p. 425-436, 2006.

ALMEIDA, I. C. L. et al. Efeito do nível de lisina da dieta e do sexo sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, n. 1, p. 11-18, 2002.

ALMEIDA, J. C. **Composição de ácidos graxos de carne de frango e gado no Rio Grande do Sul**. 2002. 59 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas: Endocrinologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil.

ALMEIDA, J. V. P. **Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de patê cremoso de frango adicionado de material colagenoso, extraído da pele de frango**. 2004. 63 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, Brasil.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução - RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001 (a). Regulamento Técnico para a Irradiação de Alimentos. **Diário Oficial da União**, 29/01/2001, seção 1, p. 35. Brasília, DF.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 (b). Regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, 10/01/2001, Brasília, DF.

ARTÉS, F.; ALENDE, A. Processing Lines and Alternative Preservation Techniques to Prolong the Shelf-life of Minimally Fresh Processed Leafy Vegetables. **European Journal of Horticultural Science**, v. 70, n. 5, p.231-254, 2005.

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

BERAQUET, N. J. Influência de fatores ante e post mortem na qualidade da carne de aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 1, n. 3, p. 155-166, 2000.

BERGMANN, G. P.; RITTER, R. Eficácia do sistema de pré-resfriamento de frangos em tanques sobre a redução da contaminação bacteriana de carcaças. **Higiene Alimentar**, v. 17, n. 108, p. 97-103, 2003.

BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 637-645, 2000.

BRASIL. Decreto nº 72718, de 29 de agosto de 1973. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. **Diário Oficial da União**, 30/08/1973, seção 1, p. 8665. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. **Diário Oficial da União**, 26/11/1998, seção 1, p. 226. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 9, de 24 de fevereiro de 2011. Adota as diretrizes da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias - NIMF nº 18 como orientação técnica para o uso da irradiação como medida fitossanitária. **Diário Oficial da União**, 25/02/2011, seção 1. Brasília, DF.

BREWER, M. S. Irradiation effects on meat flavor: A review. **Meat Science**, v. 81, p. 1-14, 2009.

BRUM, A. A. S. **Métodos de extração e qualidade da fração lipídica**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, Brasil.

CARDOSO, A. L. S. P. et al. Pesquisa de Salmonella spp, coliformes totais, coliformes fecais, mesófilos, em carcaças e cortes de frango. **Higiene Alimentar**, v. 19, n. 128, p.144-150, 2005.

CARDOSO, K. F. G. **Qualidade microbiológica de filés de peito de frangos de corte submetidos à irradiação e atmosfera modificada em diferentes períodos de armazenamento.** 2008. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, Brasil.

CARDOSO, L.; ARAUJO, W. M. C. Parâmetros de Qualidade em carnes comercializadas no Distrito Federal no período de 1997-2001. **Higiene Alimentar**, v.17, n. 113, p. 12-19, 2001.

CARNICAZES, M. C. **Qualidade de carne de frango submetida à irradiação ou atmosfera modificada e armazenada por diferentes períodos.** 2008. 103 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, Brasil.

CARPENTER, C. E.; CORNFORTH, D. P.; WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, v. 57, n. 4, p. 359-363, 2001.

CHOULIARA, E. et al. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C. **Food Microbiology**, v. 24, p. 607-617, 2007.

CHUN, H. H. et al. Effect of UV-C irradiation on the inactivation of inoculated pathogens and quality of chicken breasts during storage. **Food Control**, v. 21, p. 276-280, 2010.

CORTINAS, L. et al. C. Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. **Poultry Science**, v. 83, n. 7, p. 1155-1164, 2004.

COTTA, T. **Frangos de corte: criação, abate e comercialização.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 237 p.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic Microorganisms. In: **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 2001, Washington, DC: APHA, 2001. p. 159-166.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

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

DIFFEY, B. L. Sources and measurement of ultraviolet radiation. **Methods**, v. 28, p. 4-13, 2002.

DU, M.; HUR, S. J.; AHN, D. U. Raw-meat packaging and storage affect the color and odor of irradiated broiler breast fillets after cooking. **Meat Science**, v. 61, n.1, p. 49-54, 2002.

DUARTE, K. F.; JUNQUEIRA, O. M.; BORGES, L. L. Qualidade e segurança na produção de carne de aves. **Revista Nacional da Carne**, v. 33, n. 386, p. 90-97, 2009.

ESTÉVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: A review. **Meat Science**, v. 89, p. 259-279, 2011.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**, v. 11, n. 1, p. 3-14, 1998.

FERRARI, R. A.; KOLLER, F. R., The fractioning of chicken fat. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 7, p. 43-51, 2001.

FERREIRA, M. M. C. et al. Quimiometria I: calibração multivariada, um tutorial. **Química Nova**, vol.22 n.5, p. 724-731, 1999.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FOOD STANDARDS - AUSTRALIA NEW ZEALAND FOOD STANDARDS CODE. NUTTAB 2010 Online Searchable Database. Disponível em <http://www.foodstandards.gov.au/consumerinformation/nuttab2010/nuttab2010onlinesearchabledatabase/onlineversion.cfm?&action=getFood&foodID=08C10385>. Acessado em 03/10/2012.

FRANCO, B. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182 p.

GARDNER, D. W.; SHAMA, G.: Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. **Journal of Food Protect**, v. 63, p. 63–70, 2000.

GAYA, L. G.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 349-356, 2006.

GERALDO, C. Carne separada mecanicamente de aves, bovinos e suínos. **Revista Nacional da Carne**, n. 193, p. 29-45, 1993.

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

GÓMEZ-LÓPEZ, V. M. et al. Pulsed light for food decontamination: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, p. 464-473, 2007.

GONÇALVES, C. R. **Fluxograma de abate de aves**. 2008. 59 f. Trabalho monográfico de conclusão de Especialização (Especialização em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal). Instituto Qualittas.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v. 43, p. 111-123, 1996.

GRILL, C. O. et al. The effects on the microbiological condition of product of carcass dressing, cooling, and portioning processes at a poultry packing plant. **International Journal of Food Microbiology**, v. 110, p. 187-193, 2006.

GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. **Food Science and Technology International**, v. 10, n. 3, p. 137-147, 2004.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 876 p.

HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. **Toxinfecções e Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos**. São Paulo: Varela, 1992. Cap. 3, p. 25-47.

ICMSF – INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOOD. In: Microorganisms in Food. **Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications**, v. 2, University of Toronto, p. 181-196, 1986.

ISOLAN, L. W. **Estudo da eficiência da etapa de pré-resfriamento por imersão em água no controle da qualidade microbiológica das carcaças de frango**. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil.

JAHAN, K.; PATERSON, A.; SPICKETT, C. Fatty acid composition, antioxidants and lipid oxidation in chicken breasts from different production regimes. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 39, p. 443–453, 2004.

JAVANMARD, M. et al. Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. **Food Control**, v. 17, p. 469-473, 2006.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

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.

KOUTCHMA, T. UV Light for Processing Foods. **Ozone: Science and Engineering**, v. 30, p. 93-98, 2008.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LEE, K. T.; FOGLIA, T. A. Synthesis, purification, and characterization of structured lipids produced from chicken fat. **Journal of the American Oil Chemists Society**, n. 77, p. 1027-1034, 2000.

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. 682 p.

LUND, M. N. et al. Protein oxidation in muscle foods: A review. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 55, p. 83-95, 2011.

LYON, S. A.; FLETCHER, D. L.; BERRANG, M. E. Germicidal Ultraviolet Light to Lower Numbers of *Listeria monocytogenes* on Broiler Breast Fillets. **Poultry Science**, v. 86, p. 964-967, 2007.

MAHAJAN, A.; SINGH, M. Human Health and Electromagnetic Radiations. **International Journal of Engineering and Innovative Technology**, v. 1, n. 6, p. 95-97, 2012.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, p. 100-121, 2005.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.

MARQUENIE, D. et al. Inactivation of conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructigena* using UV-C and heat treatment. **International Journal of Food Microbiology**, v. 74, p. 27-35, 2002.

MASTRO, N. L. D. Development of Food Irradiation in Brazil. **Progress in Nuclear Energy**, v. 35, n. 3-4, p. 229-248, 1999.

MATOS, G. D. et. al. Análise exploratória em química analítica com emprego de quimiometria: pca e pca de imagens. **Revista Analytica**, n. 6, p. 38-50, 2003.

MATOS, J. D. **Utilização de semivariogramas como redutor de dimensionalidade no reconhecimento de padrões em imagens digitais hiperespectrais**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil.

MILLAR, S. J.; MOSS, B. W.; STEVENSON, M. H. The effect of ionizing radiation on the color of leg and breast of poultry meat. **Meat Science**, v. 55, n. 3, p. 361-371, 2000.

MILLER, R. B. **Electronic Irradiation of Foods: An Introduction to the Technology**. Food Engineering series. New York: Springer, 2005. 308 p.

MIYAGUSKU, L. et al. Avaliação sensorial da vida útil de cortes de peitos de frangos irradiados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 7-16, 2003.

MOTTRAM, H. R.; CROSSMAN, Z. M.; EVERSLED, R. P. Regiospecific characterisation of the triacylglycerols in animal fat using high performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. **Analyst**, v. 126, p. 1018-1024, 2001.

MSPC. Informações técnicas. **Espectro eletromagnético**. Disponível em <http://www.mspc.eng.br/elemag/eletrm0630.shtml>. Acessado em 10/09/2012.

MUKHOPADHYAY, S.; RAMASWAMY, R. Application of emerging technologies to control Salmonella in foods: A review. **Food Research International**, v. 45, p. 666–677, 2012.

NOVELLO, D. et al. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de carne e ossos. **Ambiência**, v. 4, n. 3, p. 355-366, 2008.

OCKERMAN, H. W.; HANSEN, C. L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Zaragoza: Acribia, 1994. 387 p.

OETTERER, M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. P.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 2006. 612 p.

O'GRADY, M. N.; MONAHAN, F. J.; BRUNTON, N. P. Oxymyoglobin Oxidation and Lipid Oxidation in Bovine Muscle - Mechanistic Studies. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 3, p. 386-392, 2001.

OLIVO, R. **Uso do colágeno em emulsões cárneas**. 1995. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil.

OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma: Ed. do Autor, 2006. 680 p.

O'NEILL, L. M et al. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products. **British Poultry Science**, v. 39, p. 365-371, 1998.

ORNELLAS, C. B. D. et al. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 211-213, 2006.

PADILHA, A. D. G. **Antioxidante natural de erva mate na conservação da carne de frango *in vivo***. 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil.

PETRACCI, M.; FLETCHER, D. L. Broiler Skin and Meat Color Changes During Storage. **Poultry Science**, v. 81, p. 1589-1597, 2002.

POTENÇA, A. et al. Perfil lipídico e maciez da carne de coxa e sobrecoxa de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes lipídicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1774-1783, 2010.

RABOBANK. **Crossroads for Growth: The International Poultry sector towards 2020**. Disponível em http://www.perscentrumrabobank.com/publications/food__agri/rabobank_report_crossroads_for_growth. Acessado em 19/08/2011.

RACANICCI, A. M. C. et al. Efeito do uso de óleo de vísceras de aves oxidado na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 443-449, 2008.

RAJARDO, S.; SOFOS, N. J.; SCHIMIDT, 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 of Agriculture Food Chemistry**, v. 40, p. 2182-2185, 1992.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. Lisboa: Sílabo, 2001. 324 p.

REZNICK, A. Z.; PACKER, L. Oxidative damage to proteins: spectrophotometric method for carbonyl assay. **Methods in Enzymology**, v. 233, p. 357-363, 1994.

ROSA, C. S. **Estudo das propriedades funcionais do colágeno obtido da pele de frango**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil

ROSS, C. F.; SMITH, D. M. Use of Volatiles as Indicators of Lipid Oxidation in Muscle Foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 4, p. 18-25, 2005.

ROWE, L. J. et al. Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 785-793, 2004.

SANT'ANA, L. S. Mecanismos bioquímicos envolvidos na digestão, absorção e metabolismo dos ácidos graxos ômega. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 17, n. 4, p. 211-216, 2004.

SANT'ANA, A. S.; CORREA, S. S. Efeito da adição de dicloran ao diluente para enumeração de fungos em alimentos desidratados, utilizando-se o sistema PetrifilmTM para bolores e leveduras. **Higiene Alimentar**, v. 24, n. 140, p. 122-126, 2006.

SANT'ANNA, V. **Análise dos fatores que afetam a temperatura e absorção de água de carcaças de frango em chiller industrial**. 2008. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SASTRY, S. K.; DATTA, A. K.; WOROBO, R. W. Ultraviolet light. **Journal of Food Science Supplement**, v. 65, n. 12, p. 90–92, 2000.

SHEU, K. S.; CHEN, T. C.; Yield and quality characteristics of edible broiler skin fat as obtained from five rendering methods. **Journal of Food Engineering**, v. 55, p. 263-269, 2002.

SHIMOKOMAKI, M. et al. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Varela, 2006. 236 p.

SILVA JÚNIOR, E. A. **Manual de controle higiênico-sanitário em serviços de alimentação**. 6 ed. São Paulo: Varela, 2005. 624 p.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, p. 365-379, 2002.

SPOTO, M. H. F. et al. Radiação gama na redução da carga microbiana de filés de frango. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n.3, p. 397-400, 1999.

STARKE-REED, P. E.; OLIVER, C. N. Protein Oxidation and Proteolysis during Aging and Oxidative Stress. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 275, p. 559-567, 1989.

STEFANOVA, R.; VASILEV, N. V.; SPASSOV, S. L. Irradiation of Food, Current legislation Framework, and Detection of Irradiated Foods. **Food Analytical Methods**, v. 3, p. 225-252, 2010.

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

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K. Food irradiation Chemistry and applications. **Food Reviews International**, v. 10, n. 4, 437-473, 1994.

UNICAMP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 2 ed. Campinas: Unicamp, 2006. 114 p.

US FDA - UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Irradiation in the production, processing and handling of food: 21CFR. Part 179.39. **Code of Federal Regulations**, 3, 439–440. 2007.

VIEIRA, C. R. N.; TEIXEIRA, C. G. Condições higiênico-sanitárias de carcaças resfriadas de frango comercializadas em Poços de Caldas-MG. **Higiene Alimentar**, v. 11, n. 48, p. 36-40, 1997.

VILJANEN, K. **Protein oxidation and protein-lipid interactions in different food models in the presence of berry phenolics**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Química de Alimentos), Universidade de Helsinki, Helsinki, Finlândia.

ZAMANIAN, A.; HARDIMAN, C. Eletromagnetic Radiation and Human Helth: A Review of Sources and Effects. **High Frequency Electronics**, v. 4, n. 7, p. 16-26, 2005.

YOUNG, L. L.; SMITH, D. P. Moisture retention by water- and air-chilled chicken broilers during processing and cut operations. **Poultry science**, v. 83, n. 1, p. 119-122, 2004.

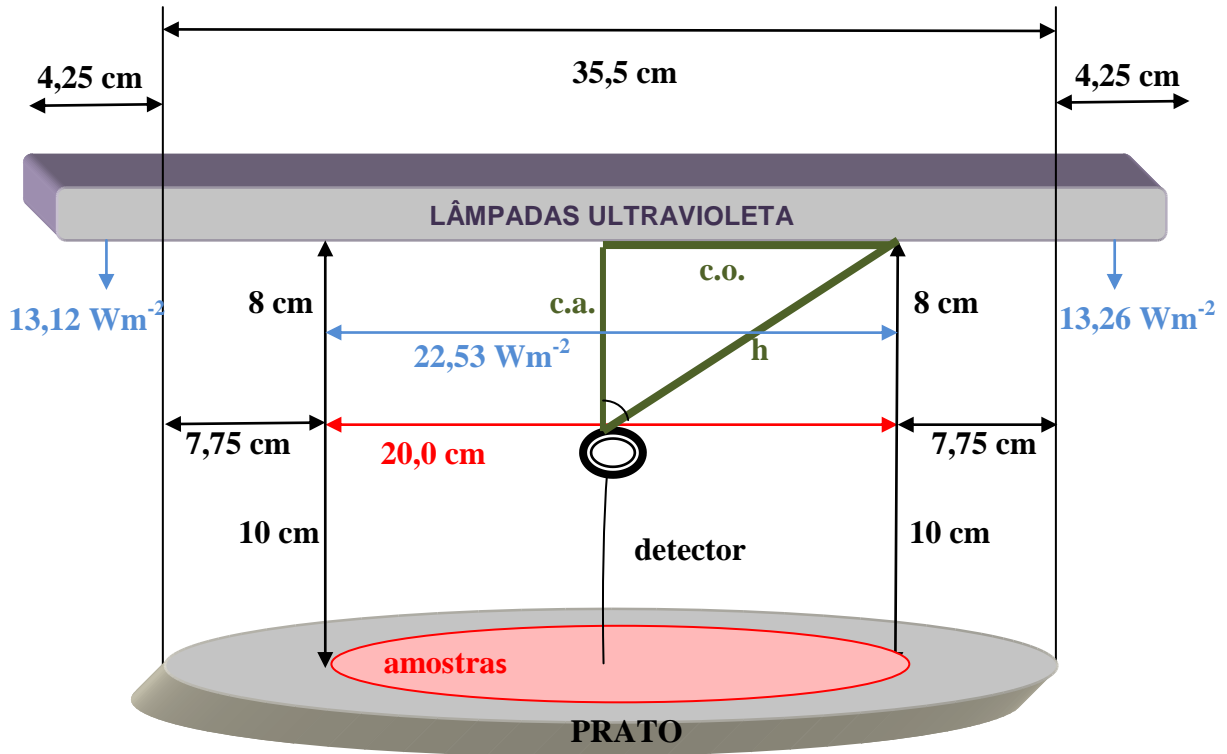
WHEATLEY, R. A. Some recent trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 19, n. 10, p. 617-628, 2000.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. **Technical Report Series** n° 890. 1999.

APÊNDICE A – Fotos da câmara de radiação UV-C



APÊNDICE B – Cálculo do diâmetro do prato referente a irradiância de $22,53 \text{ Wm}^{-2}$



h: hipotenusa; c.a.: cateto adjacente (8 cm); c.o.: cateto oposto.

Cálculo baseado nos ângulos da radiação (45° e 60°)

Para ângulo de 45°

$$\cos 45^\circ = \text{c.a.}/h$$

$$0,707 = 8/h$$

$$h = 11,5 \text{ cm}$$

$$h^2 = (\text{c.a.})^2 + (\text{c.o.})^2$$

$$\text{c.o.} = 8,26 \text{ cm}$$

$$\text{Multiplicando por 2: } 16,52 \text{ cm}$$

Para ângulo de 60°

$$\cos 60^\circ = \text{c.a.}/h$$

$$0,5 = 8/h$$

$$h = 16 \text{ cm}$$

$$h^2 = (\text{c.a.})^2 + (\text{c.o.})^2$$

$$\text{c.o.} = 13,8 \text{ cm}$$

$$\text{Multiplicando por 2: } 27,7 \text{ cm}$$

$$\text{Diâmetro do prato: Média dos ângulos: } \frac{16,52 + 27,7}{2} = 22,11 \text{ cm}$$

Incerteza da medição: 10% (2,21 cm).

Redução desse valor na média para ficar mais próximo do centro da fonte: $22,11 - 2,21$: 19,9
(**20 cm**)

ANEXO A – Normas para publicação na Revista Ciência Rural

Normas para publicação

1. CIÊNCIA RURAL - Revista Científica do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas referentes à área de Ciências Agrárias, que deverão ser destinados com exclusividade.

2. Os artigos científicos, revisões e notas devem ser encaminhados via [eletrônica](#) e editados em idioma Português ou Inglês. Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. **O máximo de páginas será 15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras.** Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que **não poderão ultrapassar as margens e nem estar com apresentação paisagem.**

3. O artigo científico deverá conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências; Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

4. A revisão bibliográfica deverá conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; e Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

5. A nota deverá conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Texto (sem subdivisão, porém com introdução; metodologia; resultados e discussão e conclusão; podendo conter tabelas ou figuras); Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão.** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

6. Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis no formato pdf no endereço eletrônico da revista www.scielo.br/cr.

7. Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve

ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.

8. As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).

9. As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.

9.1. Citação de livro:
JENNINGS, P.B. **The practice of large animal surgery**. Philadelphia : Saunders, 1985. 2v.

TOKARNIA, C.H. et al. (Mais de dois autores) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus : INPA, 1979. 95p.

9.2. Capítulo de livro com autoria:
GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. **The thyroid**. Baltimore : Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.

9.3. Capítulo de livro sem autoria:
COCHRAN, W.C. The estimation of sample size. In: _____. **Sampling techniques**. 3.ed. New York : John Willey, 1977. Cap.4, p.72-90.
TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: _____. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. São Paulo : Roca, 1985. p.29-40.

9.4. Artigo completo:
O autor deverá acrescentar a url para o artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital Object Identifiers), conforme exemplos abaixo:

MEWIS, I.; ULRICH, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests ***Tribolium confusum*** (Coleoptera: Tenebrionidae), ***Tenebrio molitor*** (Coleoptera: Tenebrionidae), ***Sitophilus granarius*** (Coleoptera: Curculionidae) and ***Plodia interpunctella*** (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Product Research**, Amsterdam (Cidade opcional), v.37, p.153-164, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Acesso em: 20 nov. 2008. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, A.R. et al (Mais de 2 autores). Resposta de ***Sitophilus oryzae*** (L.), ***Cryptolestes ferrugineus*** (Stephens) e ***Oryzaephilus surinamensis*** (L.) a diferentes concentrações de terra de diatomácea em trigo armazenado a granel. **Ciência Rural**, Santa Maria (Cidade opcional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 nov. 2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000800002.

9.5. Resumos:

RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria : Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236.

9.6. Tese,

dissertação:

COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese (Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

9.7. Boletim:

ROGIK, F.A. **Indústria da lactose**. São Paulo : Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20).

9.8. Informação

verbal:

Identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses. Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.

9.9. Documentos

eletrônicos:

MATERA, J.M. **Afecções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico**. São Paulo : Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD.

GRIFON, D.M. Arthroscopic diagnosis of elbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic. **Proceedings...** Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Acessado em 12 fev. 2007. Online. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>

UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.zh.com.br/especial/index.htm>

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm>

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...** Corrientes : Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 31/2. Para uso em PC.

10. Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser

disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos figuras e gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.

11. Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

12. Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.

13. Lista de verificação (Checklist [.doc](#), [.pdf](#)).

14. Os artigos serão publicados em ordem de aprovação.

15. Os artigos não aprovados serão arquivados havendo, no entanto, o encaminhamento de uma justificativa pelo indeferimento.

16. Em caso de dúvida, consultar artigos de fascículos já publicados antes de dirigir-se à Comissão Editorial.

Instructions to Authors

1 Main subjects

The *European Journal of Lipid Science and Technology* welcomes research papers, short communications, review articles and dossiers from the broad spectrum of lipid science, health and technology, dealing with the following topics: lipid analysis, lipidomics, molecular biology and biochemistry of lipids, cell biology, physiology, gene technology, genetic engineering (transgenic animals and plants), plant breeding for lipid production, animal and vegetable fats, lipids in food and feed, human and animal nutrition and health, lipid related diseases, clinical research and diagnostics, renewable resources, biotechnology and process engineering, chemistry and physics of lipids, lubricants and detergents, cosmetics and toiletries.

2 General

The *European Journal of Lipid Science and Technology* appears monthly. Manuscripts must be submitted in English taking into account the guidelines of sections 1 to 3. Spelling may be British or American, but should be consistent throughout the manuscript.

Papers should be submitted online using our web-based manuscript submission and peer-review system. Usage of this system is obligatory. To submit your manuscript online, please proceed along the following steps:

- Prepare your manuscript and illustrations in the appropriate format, according to the instructions given below. Please also make sure that your paper conforms to the scientific and style instructions of the *European Journal of Lipid Science and Technology* as given herein. You can also find a link to these instructions on the homepage of the journal at <http://www.ejlst.com> under the link "For Authors".
- If you have not already done so, create an account for yourself in the system at the submission site, <http://mc.manuscriptcentral.com/ejlst> by clicking on the "Create Account" button.
- Please be sure to study the "Instructions and Forms" given on the journal homepage carefully, and then let the system guide you through the submission process. Online help is available to you at all times during the process. You are also able to exit/re-enter at any stage before finally "submitting" your work. All submissions are kept strictly confidential. If you have any questions concerning online submission, do not hesitate to contact editorial support at ejlst@wiley-vch.de. To monitor the progress of your manuscript throughout the review process, just login periodically and check your Author Center.
- The author vouches that the work has not been published elsewhere, either completely, in part, or in any other form and that the manuscript has not been submitted to another journal; see also 3 Cover letter. The submitting author (listed under "Correspondence") accepts the responsibility of having included as coauthors all persons appropriate and none inappropriate. The submitting author certifies that all coauthors have seen a draft copy of the manuscript and agree with its publication.
- **All instances of publishing misconduct, including, but not limited to, plagiarism, data fabrication, image/data manipulation to falsify/enhance results etc. will result in rejection/retraction of the manuscript.**
- Copies of manuscripts to be published or submitted elsewhere must be included, if their content impinges on the results in the present manuscript.
- Manuscripts files should have margins of 2 cm and be 1.5-line spaced. Please avoid Far-Eastern symbols as many do not convert properly. Please number each page of the manuscript consecutively, starting with the title page. Page charges are not made.
- Each manuscript will be assessed by at least two independent referees. Authors must indicate at least three international experts whose field of research is close to the topic of the paper (give complete addresses, fax and e-mail numbers). They may also list individuals they wish to be excluded from the review process. The corresponding author will be immediately informed of acceptance, need for revision or rejection.
- The editorial staff reserves the right to edit the manuscript. Major alterations, however, will only be made with the authors' permission.
- Before publication authors will receive page proofs *via* e-mail in PDF low resolution file format, together with a sheet including instructions and a reprint order form, also as PDF files. The page proofs and the reprint order form should be printed out. The

proofs should be carefully corrected following the instructions. In particular, authors should answer any editing queries. The reprint order form should be filled out (even if reprints are not required), and both should be returned, preferably by fax (+49 (0)6201 36525), to the Editorial Office.

Authors will be charged for extensive alterations of their article. Reprints can be ordered at prices shown on the reprint order form. **Corrections must be returned within 48 hours.**

- After publication of the paper the corresponding author will receive a complimentary electronic copy of the article as PDF file. He/she will be invoiced for any additional copies or reprints, which may be ordered when returning the galley proofs.
- Authors in Japan please note: Wiley-Japan can provide authors in Japan with a list of recommended services to check the English of their papers before submission. For more information please contact the Wiley-Japan office by e-mail (editorial@wiley.co.jp) or x (+81-3-3556 9763).

NIH Public Access Mandate

The *European Journal of Lipid Science and Technology* is fully compliant with NIH requirements and Wiley-Blackwell will, as a service to its authors, upload all required files to PubMedCentral. You, as an author, **do not need to upload any files**. For further information, please visit www3.interscience.wiley.com/aboutus/open_access_options.html#NIH_mandate

Howard Hughes Medical Institute authors

The Howard Hughes Medical Institute (HHMI) and Wiley-Blackwell have agreed to make post-peer reviewed author manuscripts of articles funded by HHMI publicly available six months following final publication. This policy will be implemented for those articles published after October 1, 2007. **This arrangement requires nothing of the grantee; identification and deposit are the responsibility of the publisher.** Further information can be found at www3.interscience.wiley.com/aboutus/open_access_options.html#Howard_Hughes

Wellcome Trust authors

Please see the information in the section 'Online Open', a service that enables authors to comply with the Wellcome Trust funding requirements regarding publication access. Further information can be found at www3.interscience.wiley.com/aboutus/open_access_options.html#Wellcome_Trust

COPE

This journal endorses the COPE (Committee on Publication Ethics) guidelines and will pursue cases of suspected research and publication misconduct (e.g. falsification, fabrication, plagiarism, inappropriate image manipulation, redundant publication). In such cases, the journal will follow the processes set out in the COPE flowcharts (<http://publicationethics.org/flowcharts>).

3 Cover letter

The manuscript should be accompanied by a letter of transmittal that should state why the paper is suitable for publication in the Journal and include the following FIVE statements:

- 1) All authors concur with the submission.
- 2) The work has not been published elsewhere, either completely, in part, or in another form.
- 3) The manuscript has not been submitted to another journal and will not be published elsewhere. Publication in any reasonably retrievable source constitutes prior publication. Meeting abstracts or preprints do not constitute prior publication.
- 4) The manuscript does/does not contain experiments using animals. The permission of the national or local authorities (giving the permission or the accreditation no. of the laboratory and of the investigator) should be stated if animal experiments are included. If no such rules or permissions have been implicated in the particular country, this must be stated.
- 5) The manuscript does/does not contain human studies. If such studies are included, it should be stated that local Ethical Committee approval was received for the studies and that the informed consent of all participating subjects was obtained. Permission statements relating to points 4 and 5 should also be included in the text of the manuscript.

4 Types of papers

4.1 Research papers

- Research papers consist of experimental and theoretical work with new results in the topics given in section 1.
- Research papers should not exceed 7 printed pages (equivalent to a total of 44,000 characters). In addition, up to 8 figures and tables may be included.
- Sections and subdivisions of sections should be indicated by numbered headings
- The manuscript should be organised as follows:

4.1.1 First page

The first page of the manuscript contains the following items:

- The title of the paper. Titles should be concise, informative and contain no more than 12 words with neither capital letters nor abbreviations.
- The full names (including first name spelled out) of authors and the name of the institution or company. If the publication originates from authors of different affiliations, they should be clearly stated by using superscript numbers.
- A running title not exceeding 60 letters.
- Name and full postal address, including phone, fax and e-mail numbers, of the author to whom all correspondence (including galley proofs) should be sent.
- Up to 5 key words, which will be used for compiling the subject index.
- A list of abbreviations used, excluding our standard abbreviations (listed below). If a non-standard abbreviation is used three or more times in the text it should be included in the list and defined the first time it is used in the Abstract and the main text. If it is used less than this it should be defined in full each time it is used.
- Any details regarding joint first authors, additional addresses, etc. These should be linked to the author's name by asterisks (single, double etc. as appropriate). Please note that funding sources should be included in the Acknowledgements section.

4.1.2 Summary

Starting with page 2 a summary should be given. The summary should not exceed 200 words and should give scientific rationale, results and conclusions of the work in a concise and informative form. When necessary quote full reference and explain unofficial abbreviations. The summary should be written so that it can be directly used for abstract journals and data banks.

4.1.3 Practical applications

Please give a short description (max. 150 words) of the practical applications of your research. This text should highlight the uses – either actual or potential – of the research you are presenting. Providing this information will ensure the content is widely accessible by both academic and corporate audiences.

4.1.4 Introduction

The introduction should explain sufficiently but concisely the latest scientific research on the subject using recent international references. It should be followed by a short statement of the work's objectives showing why the work was done.

4.1.5 Materials and methods

This section should be written in a manner that enables the reader to follow in detail and reproduce the experiments. For materials and equipment the manufacturer's name and location (city, country) should be provided. It is sufficient to cite the corresponding reference for exact description of a method. An additional short description is advisable if the references are not easily accessible or are given in unfamiliar languages.

4.1.6 Results

- The results should be described by tables, figures, formulae etc.
- Contents of tables or figures should not be repeated in the text, but should be elucidated if necessary.
- Experimental data should be evaluated by suitable statistical methods. Asterisks are reserved to indicate statistics in tables and figures.

4.1.7 Discussion

- The results should be discussed in relation to present knowledge and the aim of the work.

– Conclusions should be drawn (e.g., for further research, possibilities of transfer into practice or production) if appropriate in a separate section.

– Results and discussion may be combined if appropriate.

4.1.8 Acknowledgements

Acknowledgements can be published at the end of the text before bibliography.

4.1.9 Conflict of Interest

All authors must declare financial/commercial conflicts of interest. Even if there are none, this should be stated in a separate paragraph following on from the acknowledgements section as follows: *The authors have declared no conflict of interest.* This is a mandatory requirement for all articles.

4.1.10 References

Responsibility for accuracy of references rests with the author(s). References should be limited in number to those absolutely necessary. Frequently, collective reference to older publications can be made by citing a review.

References should be numbered sequentially in the order cited in the text. Numbers should be enclosed in square brackets, thus: "...as was shown by Brown [1], Sturgeon and Surmann [2, 3] and Smith *et al.* [4-7]".

References are collected in numerical order at the end of the manuscript under the heading "References". They should also be typed with 1.5-line spacing and correspond in detail to the following examples:

- Journal articles

[1] Weisshaar, R., Perz, R., Fatty acid esters of glycidol in refined fats and oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2010, 112, 158-165

[2] Christie, W.W., Mass spectrometry of fatty acids by GC-MS after 4,4-dimethylloxazoline derivatization. *Chem Phys Lipids.* 1998, 94, 35-41.

Titles of journals are abbreviated according to the practice of Chemical Abstracts. Allusions to "unpublished observations", "paper to be published", "paper in preparation" or "submitted for publication" should be quoted with authors and should be part of the text, in parenthesis. Papers that have been accepted by a journal and have not yet appeared, may be cited in the list of references with the journal's name followed by "in press". An electronic version or one copy of this manuscript/galley proofs must accompany the manuscript sent to *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*

- Books

[2] U. Erasmus: *Fats that Heal, Fats that Kill.* Alive Books, Burnaby, BC (Canada) 1996.
Titles of books should never be abbreviated.

- Chapters from multi-author books

[3] K. Hill: History of alkyl polyglycosides. In: *Alkyl Polyglycosides.* Eds. K. Hill, W. von Rybinsky, G. Stoll, Wiley-VCH, Weinheim (Germany) 1996, pp. 1-7.

- Theses [4]

J. B. Linstead: Ph. D. Thesis, University of Glasgow, Glasgow (UK) 1962.

- Patents

[5] C. H. Japikse: Canadian Patent 815 481 (1989).

Please note that abstracts of papers published in *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* are available free of charge at <http://www.ejlst.com>.

4.1.11 Tables

- Tables should be appended to the manuscript, each on a separate sheet.
- Tables should consist of the Arabic number of the table in order of its mention (indicated as, e.g. Table 1), an explanatory headline (following the number of the table), and the table itself.
- Tables should be divided by 3 horizontal lines, only.
- Units of measurement should be given in square brackets below or behind the unit indication, respectively, e.g. Temperature [°C]. The following symbols should be used for footnotes: [†], [‡], [§], [#], ^{††}, ^{‡‡}, ...
- Tables must be cited in the text.

4.1.12 Figures

- **Manipulation of images is strongly discouraged and all figures must accurately reflect the original data.** Information should not be enhanced, eliminated, added, obscured or moved. In cases where manipulation is unavoidable, this should be clearly detailed in the figure legend. All instruments, software and processes used to obtain the images must be fully detailed

In the manuscript either in the figure legends or the Materials and Methods section. Acceptable image manipulation includes uniformly adjusting the contrast of an entire image, any control images, ensuring that all original data, including the background remains visible and that no new features are introduced. Cropping of gels, or re-positioning of lanes/fields, is permitted providing that all alterations are clearly indicated by the use of dividing lines in the image itself, vital data are not removed and an explanation of the alterations is included in the figure legend. Unacceptable manipulation includes, but is not limited to, the enhancement of one feature/band over other, removal of background noise/bands and so on. Authors must be able to produce all data in their raw format upon editorial request.

- Figures should be appended to the manuscript, each on a separate sheet without legend. Please indicate the Figure number and first author (e.g., Figure 1, Simon et al.).
- Figures should be given in Arabic numbers according to their appearance in the text. Please abbreviate, e.g., Fig. 3.
- **Figures should be submitted in a format which can be reduced to a width of 5-8 cm or 11-17 cm, and symbols and captions to a height of 1.5-2.0 mm (after reduction). As far as possible, all lettering should be the same size.**
- Figures should be submitted on separate pages at the end of the article (new page for each complete figure).
- Colour figures can be reproduced. However, we ask authors to contribute towards the extra costs incurred for the reproduction of colour with 495 € per figure.
- All legends should be typed successively on a separate sheet after References.
- Legends should be self-explanatory and consist of figure number, headline and experimental.
- Figures must be cited in the text.
- **Double presentation of data in both figures and tables must be avoided.**

4.1.13 Nomenclature, symbols, units

Use only SI quantities and units (SI = Système International d'Unités). All nomenclature should follow established rules wherever these are available. For lipids we recommend the use of the classification, nomenclature, and structural representation used by the LIPID MAPS Initiative (see *Eur J Lipid Sci Technol.* 2005, **107**, 337-364). You can download lipid structures directly from the LIPID MAPS Structure Database (<http://www.lipidmaps.org>). This database draws structures *de novo*, allowing you to insert them into your documents.

4.1.14 Mathematical equations and formulae

These should be drawn or written in the manuscript at the appropriate places where they belong. They should always stand alone (i.e. occupy extra lines).

4.2 Short communications

Short communications should contain novel experimental or theoretical results in need of urgent publication. Please add the term "Short Communication" above the title. A short communication contains summary and should not exceed 4 printed pages (including Table Figures and References). The same manuscript organisation described under section 3.1 applies.

4.3 Reviews

Reviews are comprehensive critical descriptions on present knowledge of actual research subjects or technological developments. Please add the term "Review" below the title. Section division is left to the author(s), otherwise criteria of section 3.1 apply. The length of review (total of 60,000 characters). Reviews are frequently submitted by invitation. They are, of course, also welcome from other authors.

4.4 Dossiers

Dossiers are comprehensive critical descriptions on the present knowledge of actual research subjects or technological developments. They reflect different scientific points of views. Section division is left to the author(s), otherwise the criteria of 3.1 are valid. Single contributions to a Dossier should preferably not be longer than 4 printed pages.

5 Revised manuscripts

Revised manuscripts should be returned as follows. A text file in which all alterations are clearly marked and visible should be submitted. Change the script colour of areas containing the required alterations. The manuscript should be accompanied by a point by point letter summarising how you have dealt with each of the reviewers' remarks.

6 Guidelines for preparation of electronic data

Ensure that data are given in the order and style as outlined above. The text of the manuscripts should be made out using Word or rich text format. Please avoid Far-Eastern symbols as many do not convert properly. The files should have margins of 2 cm and be 1.5-line spaced. Please number each page of the manuscript consecutively, starting with the title page. The 'hyphenation feature' should be switched off; hyphens should only be used for compound words. Only use carriage returns (↵) to end headings and paragraphs; spacing will be introduced by the typesetter. Do not use the spacebar to make indents; where these are required (e.g. tables) use the TAB key.

Please note: This journal does not accept Microsoft Word 2007 documents at this time. Please use Word's "Save As" option to save your document as an older (.doc) file type.

Figures can be supplied in all commonly used formats as long as the quality is adequate. TIF and EPS files usually provide the best quality.

Type	Resolution
Graph	800-1200 DPI
Photos	400- 800 DPI
Colour (only CMYK)	300- 400 DPI

7 Page charges

Please note that page charges (see the journal homepage <http://www.ejlst.com>) will be levied for all contributions exceeding the following number of printed pages:

Research papers: 8 pages (corresponds to about 5700 words and no more than 4 to 5 display elements)

Short communications: 4 pages (corresponds to about 2500 words and about 3 display elements)

Please note that the length of an article depends greatly on the type of figures and tables provided. There are no page charges levied for Review Articles.

8 Funded access

Wiley is now offering a funded access service for authors of journal articles whose funding agency requires deposit of an article in an archive. Authors have the option of paying a fee to ensure that their