

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

**EDINÉIA BONIN
SAIONARA SARTOR**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÁCIDO FÍTICO E
DO FARELO DE ARROZ EM LINGUIÇA DE FRANGO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2011

EDINÉIA BONIN
SAIONARA SARTOR

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÁCIDO FÍTICO E
DO FARELO DE ARROZ EM LINGUIÇA DE FRANGO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, com requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: Profa. Ms. Cleusa Inês Weber.

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre da Trindade Alfaro.

FRANCISCO BELTRÃO

2011

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÁCIDO FÍTICO E DO FARELO DE ARROZ EM LINGUIÇA DE FRANGO

Por

Edinéia Bonin e Saionara Sartor

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do curso de Tecnologia em alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Francisco Beltrão, pela comissão de professores:

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Orientadora: Prof^a Ms. Cleusa Inês Weber

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre da Trindade Alfaro

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Coordenador do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos
Prof. Dr. Luciano Lucchetta

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Francisco Beltrão, dezembro de 2011

Dedicatória

Eu Saionara dedico aos meus pais, Gentil e Maria e minhas irmãs Gabriela e Indianara pelo apoio irrestrito em todos os momentos de minha vida e incentivo no decorrer da realização deste trabalho.

Ao companheiro Eduardo pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência em função deste trabalho.

Eu Edinéia dedico aos meus pais Isalina e Nereu (inmemória), pela educação, apoio, amor e incentivo nos momentos desta minha trajetória.

Ao meu amor, companheiro e esposo Gelson pela paciência, pela força nos momentos mais difíceis e incentivo em realizar este sonho, muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que nos deu força e perseverança para nunca desistir apesar das dificuldades.

À família pelo apoio e incentivo constante.

Aos professores, em especial a nossa orientadora, Prof^ª. Ms. Cleusa Inês Weber pelas orientações precisas em todos os momentos solicitados, compreensão, apoio, ensinamentos e amizade.

Ao Prof. Dr. Alexandre da Trindade Alfaro pela colaboração, auxílio no delineamento experimental e aceitação de ser o nosso co-orientador.

Aos professores Juan Carlos Pokrywiecki e Claudia Eugenia Castro Bravo Martins que nos auxiliaram através de sugestões na melhoria do Pré-projeto e avaliação do trabalho final.

A Prof. Ms. Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt pela disposição em nos ajudar com a análise sensorial.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade da realização da Graduação.

À Universidade Estadual de Londrina pelo auxílio nas análises e por ceder o kit para análise de TBA.

À Arrozeiro Cajueiro de Faxinal-Paraná, pelas amostras cedidas de farelo de arroz.

Aos nossos colegas Sandra, Magali, Danieli, Alessandra, Fabíola, Ellen, Igor, Renato, Geocleide, Diânes que vivenciaram junto a nós as alegrias e angústias da vida acadêmica em especial a Jéssica pela disponibilidade de nos ajudar na análise sensorial.

À amiga Diânes, por compartilhar todos os momentos bons e ruins, pela amizade conquistada e companheirismo durante este período.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Aceitai a minha correção, e não a prata; e o conhecimento, mais do que o ouro fino escolhido.
Porque melhor é a sabedoria do que os rubis; e tudo o que mais se deseja não se pode comparar com ela”.*

Provérbios 8:10-11

RESUMO

BONIN, Edinéia; SARTOR, Saionara. **Avaliação da atividade antioxidante do ácido fítico e do farelo de arroz em linguiça de frango.** 2011. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2011.

A carne de frango, em razão do elevado teor de ácidos graxos insaturados, é altamente susceptível ao processo de oxidação lipídica, afetando assim o sabor, aroma, cor e textura dos alimentos, limitando sua estabilidade e vida-útil. O uso de antioxidantes em alimentos é uma alternativa para prevenir ou retardar a deterioração oxidativa e minimizar os danos oxidativos nos seres vivos, além de inibir e reduzir os efeitos danosos causados pelos radicais livres. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial antioxidante do ácido fítico e do farelo de arroz usando como sistema modelo linguiça de frango. Duas diferentes concentrações de ácido fítico purificado e farelo de arroz integral foram adicionadas à linguiça, a fim de determinar a concentração mais efetiva na prevenção da oxidação lipídica, através do delineamento experimental completo 2^{2-0} , com duas repetições no ponto central. Foram avaliados, nas linguiças, os parâmetros de oxidação lipídica (TBARS), aroma de requentado, cor e aceitabilidade por meio de análise sensorial. Foi verificada diferença significativa ($p \leq 0,05$) na estabilidade oxidativa da linguiça de frango entre os tratamentos utilizados após o 5º dia de produção da linguiça armazenada sob refrigeração. O ácido fítico purificado mostrou melhor eficiência na atividade antioxidante sobre a linguiça de frango durante a vida de prateleira, embora o farelo de arroz também tenha apresentado efeito antioxidante. Na análise da cor os valores de L^* , a^* e b^* demonstraram que não houve alteração na coloração da linguiça de frango pela adição dos antioxidantes. A avaliação sensorial constatou que as amostras foram bem aceitas, apresentado diferença significativa ($p \leq 0,05$) apenas para a textura. A utilização de ácido fítico e farelo de arroz como antioxidantes naturais pode ser considerada um método eficiente para retardar a oxidação lipídica da linguiça de frango, tanto crua, como cozida. Desta forma, é possível propor a utilização destes antioxidantes, com a finalidade de obter carnes e produtos cárneos com propriedades funcionais importantes para a saúde.

Palavras-chave: Farelo de arroz. Ácido fítico. Antioxidante natural. Oxidação lipídica. Linguiça de frango.

ABSTRACT

BONIN, Edinéia; SARTOR, Saionara. **Evaluation of antioxidant activity of phytic acid and rice bran with chicken sausage.** 2011. 60 f. Completion of Course Work (Degree in Food Technology) - Course in Food Technology, Federal Technological University of Paraná, 2011.

Chicken meat, due to the high content of unsaturated fatty acids, is highly susceptible to lipid oxidation process, thus affecting the taste, aroma, color and texture of foods, limiting its stability and shelf-life. The use of antioxidants in foods is an alternative to prevent or retard the oxidative deterioration and minimize oxidative damage in living things, well as inhibit and reduce the harmful effects caused by free radicals. The aim of this study was to evaluate the antioxidant potential of phytic acid and rice bran as a model system using chicken sausage. Two different concentrations of purified phytic acid and rice bran were added to the sausage, to determine the concentration most effective in preventing lipid oxidation, through the complete experimental design 2^{2-0} , with two replications at the center point. In the sausages, were evaluated the parameters of lipid oxidation (TBARS), warmed over flavor, color and acceptability by sensory analysis. The difference was significant ($p < 0,05$) in the oxidative stability of chicken sausage between the groups after the 5 th day of production of sausage stored under refrigeration. The purified phytic acid showed better efficiency in the antioxidant activity of the chicken sausages during shelf life, although the rice bran has also presented antioxidant effect. In the analysis of the color values of L *, a * and b * showed that no color change of chicken sausage by the addition of antioxidants. The sensory evaluation showed that the samples were well accepted, presented significant difference ($p < 0,05$) only for the texture. The use of phytic acid and rice bran as natural antioxidants can be considered an effective method to retard lipid oxidation of chicken sausage, both raw and cooked. Thus, it is possible to propose the use of these antioxidants in order to get meat and meat products with functional properties important for health.

Key-words: Rice bran. Phytic acid. Natural antioxidant. Lipid oxidation. Chicken Sausage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura do ácido fítico.....	25
Figura 2: fluxograma de obtenção da linguiça de frango.....	30
Figura 3: Ficha de avaliação sensorial do Teste de Escala Hedônica.....	33
Figura 4: Superfície de resposta com as variáveis ácido fítico e farelo de arroz em função da oxidação lipídica, fixadas no 5º dia de fabricação da linguiça de frango.....	38
Figura 5: Superfície de resposta com as variáveis ácido fítico e farelo de arroz em função do aroma de requentado, fixadas no 5º dia de fabricação da linguiça de frango.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores reais das variáveis do planejamento experimental e seus respectivos níveis codificados.....	30
Tabela 2: Delineamento fatorial completo com as variáveis independentes.....	31
Tabela 3: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para oxidação lipídica da linguiça de frango expresso em mg malonaldeído/kg.....	36
Tabela 4: Coeficiente de regressão para a oxidação lipídica da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.....	37
Tabela 5: Teste de ANOVA para a oxidação lipídica da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.....	37
Tabela 6: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para aroma de requentado ou warmed-over flavor (WOF) da linguiça de frango expresso em mg de malonaldeído/Kg.....	40
Tabela 7: Coeficiente de regressão para o aroma de requentado da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.....	41
Tabela 8: Teste de ANOVA para o aroma de requentado ou warmed-over flavor (WOF) da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.....	41
Tabela 9: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para os valores de L* (luminosidade) da linguiça de frango.....	45
Tabela 10: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para os valores cor em relação ao parâmetro a* da linguiça de frango..	46
Tabela 11: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para os valores cor em relação ao parâmetro b* da linguiça de frango..	47
Tabela 12: Resultado da análise de variância para os teste de aceitação.....	48
Tabela 13: Resultado do Teste de Tukey para o atributo odor.....	49
Tabela 14: Resultado do Teste de Tukey para o atributo textura.....	49
Tabela 15: Resultado do Teste de Tukey para o atributo sabor.....	49
Tabela 16: Resultado do Teste de Tukey para o atributo impressão geral.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1 CARNE DE FRANGO.....	14
3.2 EMBUTIDOS.....	15
3.3 OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	16
3.4 OXIDAÇÃO EM CARNE DE FRANGO.....	18
3.5 ANTIOXIDANTE.....	19
3.6 ÁCIDO FÍTICO.....	22
3.7 FARELO DE ARROZ.....	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1 MATERIAL.....	27
4.1.1 Matéria-prima.....	27
4.2 MÉTODOS.....	28
4.2.1 Determinação do teor de ácido fítico do farelo de arroz.....	28
4.2.2 Aplicação do farelo de arroz e ácido fítico purificado como antioxidante em linguiça de frango.....	28
4.2.3 Elaboração da linguiça de frango adicionada de farelo de arroz e ácido fítico...	29
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	30
4.4 AVALIAÇÕES DO ÁCIDO FÍTICO NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DA LINGUIÇA.....	31
4.4.1 Determinação da cor na linguiça de frango.....	31
4.4.2 Determinação da oxidação lipídica na linguiça de frango.....	31
4.4.3 Determinação do aroma de requentado na linguiça de frango.....	32
4.4.4 Avaliação sensorial da linguiça de frango.....	32
4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1 DETERMINAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO NO FARELO DE ARROZ.....	34
5.2 DETERMINAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA NA LINGUIÇA DE FRANGO.....	34

5.3 DETERMINAÇÃO DO AROMA DE REQUENTADO NA LINGUIÇA DE FRANGO.....	39
5.4 DETERMINAÇÃO DE COR NA LINGUIÇA DE FRANGO.....	43
5.5 ANÁLISE SENSORIAL.....	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Com a mudança dos hábitos alimentares e ambientais da sociedade nas últimas décadas, estabeleceu-se uma nova relação da população com os alimentos (PADILHA, 2007). O consumo de alimentos processados e congelados aumentou muito nos últimos anos devido às necessidades impostas pela vida moderna, onde o tempo de preparo doméstico dos alimentos é um fator limitante (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007). Neste contexto, os consumidores procuram buscar nos alimentos, uma vida mais saudável e um meio de evitar doenças (PADILHA, 2007).

Um importante fator limitador da qualidade da carne e produtos cárneos e que tem interferido na aceitabilidade dos consumidores é a oxidação lipídica (BRUM, 2009). A carne de frango é um alimento altamente susceptível à oxidação lipídica em função do elevado teor de ácidos graxos insaturados presentes na sua composição (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009).

Algumas alterações químicas dos alimentos estão relacionadas com a oxidação lipídica, que ocasiona não apenas perdas nutricionais e de qualidade, como também desenvolvimento de compostos indesejáveis potencialmente prejudiciais a saúde humana (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007).

O uso de antioxidantes é uma alternativa para prevenir ou retardar a deterioração oxidativa dos alimentos e minimizar os danos oxidativos nos seres vivos (CAMPAGNOL, 2007). A aplicação de antioxidantes em alimentos gordurosos, como os embutidos cárneos, é de extrema importância na proteção de seus constituintes insaturados, de modo a evitar sabores e odores indesejáveis e manter de maneira efetiva a palatabilidade, aceitabilidade e valor nutricional (PADILHA, 2007).

Encontrar um antioxidante natural que apresente eficácia equivalente a um antioxidante sintético é de grande importância para saúde humana, pois alguns antioxidantes sintéticos possuem substâncias carcinogênicas e mesmo assim seu uso na indústria de alimentos é predominante em relação aos antioxidantes naturais (BOZKURT, 2006 *apud* PEREIRA, 2009). Desta forma, observa-se uma demanda cada vez maior de produtos naturais pelos consumidores, devido à crescente preocupação com a saúde (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009). Tendo em vista os problemas ocasionados pelo uso de antioxidantes sintéticos, as pesquisas têm se direcionado no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre

eles (PEREIRA, 2009). Todavia, a adição de antioxidantes sintéticos começou a ser restringida nos últimos anos, devido à diminuição da aceitação pelo consumidor e pelos efeitos danosos a saúde humana (BRUM, 2009).

Os antioxidantes são agentes responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células. Estes são capazes de impedir a formação dos radicais livres gerados pelo metabolismo celular, interceptando o ataque sobre os lipídeos, a dupla ligação dos ácidos graxos poliinsaturados, as bases do DNA, e os aminoácidos das proteínas, evitando a formação de lesões e perda da integridade celular (BIANCHI et al., 1999).

A presença dos radicais livres não é desejada para a manutenção do sistema imunológico. Os danos oxidativos induzidos nas células e tecidos têm sido relacionados com a etiologia de várias doenças, incluindo a aterosclerose, problemas pulmonares, envelhecimento, artrite, catarata, diabetes, infecções e em alguns casos, doenças de Alzheimer (SILVA et al., 2009).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial antioxidante do farelo de arroz e do ácido fítico purificado na estabilidade oxidativa de linguiça de frango.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Quantificar o ácido fítico presente no farelo de arroz;
- ✓ Aplicar diferentes concentrações de farelo de arroz e ácido fítico purificado, a partir de um delineamento experimental;
- ✓ Avaliar a oxidação lipídica e o aroma de requentado;
- ✓ Mensurar a cor;
- ✓ Avaliar a aceitabilidade da linguiça de frango através da análise sensorial.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CARNE DE FRANGO

A garantia de manutenção do mercado de carne de frango consiste no fornecimento de produtos com padrões de qualidade estáveis, visando à satisfação e segurança do consumidor (BRESSAN et al., 2002).

Atualmente, a produção de frangos de corte adotou critérios importantes, como rendimento de carcaça, produção de carne de peito e de pernas. A importância dessas características varia de acordo com a empresa, o tipo de produto comercializado e o mercado ao qual o produto se destina (MOREIRA et al., 2003).

Dentre os vários tipos de carne usualmente consumidos, a carne de frango merece destaque por seu valor nutritivo e baixo custo. O crescimento na produção tem sido acompanhado por uma maior diversificação de produtos, praticidade e valor agregado, em detrimento da comercialização de carcaças inteiras e cortes. Esta tendência dá-se em razão da mudança de hábitos da população, onde praticidade, qualidade nutritiva e segurança

alimentar, com preços acessíveis, são condições básicas para os negócios na área da alimentação (OLIVO, 2006).

A carne de frango é utilizada na alimentação, sendo classificada como alimento saudável, pobre em gorduras, desde que seja consumido sem pele (VENTURINI et al., 2007).

Segundo Olivo (2006), a carne de frango contém apenas 10% das necessidades calóricas diárias, é rica em proteína, sendo que 100 g de carne de frango correspondem á 24,8% do VDR (valor diário recomendado), enquanto que a coxa-sobrecoxa possui 23,6% e o peito 30,8%. A carne de frango é considerada uma fonte protéica de alto valor biológico, apresenta alta porcentagem de todos os aminoácidos essenciais, e ainda possui baixo teor de gordura.

A qualidade da carcaça e da carne de frango é cada vez mais exigida, como os cortes e produtos desossados que estão sendo mais procurados para o processamento e o crescimento do consumo de produtos de preparo rápido, devido a uma série de mudanças no hábito alimentar do ser humano (MOREIRA et al., 2003).

3.2 EMBUTIDOS

Embutidos cárneos são definidos como produtos elaborados com carnes ou outros tecidos de animais comestíveis, curados ou não, defumados e dessecados ou não, tendo como envoltório tripas naturais ou artificiais, ou envoltório plástico apropriado (DUARTE, 2010).

Segundo a legislação brasileira a linguiça é o produto cárneo industrializado, obtido de carnes de animais de açougue, adicionados ou não de tecidos adiposos, ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, e submetido ao processo tecnológico adequado (BRASIL, 2000). As linguiças podem ser classificadas em produtos fresco, seco, maturado, cozido dependendo da tecnologia de fabricação adotada.

No passado, a fabricação de embutidos era considerada mais uma arte do que uma ciência. Com o forte crescimento na industrialização de carnes e sua relevância econômica, tornou-se necessário um maior entendimento dos princípios envolvidos na elaboração desses produtos um desafio na melhoria contínua (SHIMOKOMAKI et al., 2006).

No entanto, um dos maiores desafios para as indústrias cárneas é oferecer produtos com maior segurança, suculência, maciez e com cor e sabor agradáveis sendo que a produção de embutidos cárneos proporciona maior diversificação de produtos, com maior vida útil de prateleira, atendendo a demanda de qualidade exigida pelo consumidor (TERRA et al., 2004).

Em função do seu baixo valor comercial as linguiças são produtos cárneos comercializados em grande escala, acessível a todos os setores da sociedade, sendo facilmente encontrada em vários segmentos do mercado varejista, a adição de antioxidante é de fundamental importância para diminuir a incidência de radicais livres (DUARTE, 2010).

3.3 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A preocupação constante de proporcionar aos consumidores produtos de alta qualidade levou à adoção de medidas que permitem limitar o fenômeno de oxidação durante as fases de processamento e armazenagem dos alimentos. A adição de compostos antioxidantes é, sem dúvida, uma prática corrente, razão que justifica o atual interesse pela pesquisa de novos compostos com capacidade antioxidante (SILVA et al., 1999).

Os lipídeos são importantes componentes dos produtos cárneos, conferindo características sensoriais desejáveis. De outra forma, são facilmente oxidáveis, levando a rancificação com produção de substâncias indesejáveis e comprometendo a vida útil e qualidade do produto final (OLIVO et al., 2006). Constituídos de uma mistura de tri, di e monoacilgliceróis, ácidos graxos livres, fosfolipídios, glicolipídios, esteróis e outras substâncias lipossolúveis. A maior parte destes constituintes é oxidável em diferentes graus, contudo os ácidos graxos insaturados são as estruturas mais susceptíveis ao processo oxidativo (CHIATTONE, 2010).

A oxidação dos constituintes lipídicos é uma reação importante que limita a vida de prateleira de vários alimentos, sendo um dos mecanismos primários da deterioração da qualidade em produtos alimentícios, especialmente de carnes. As alterações na qualidade podem ser percebidas pelas mudanças de sabor, cor, textura, valor nutricional e pela produção de compostos potencialmente tóxicos (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009). As substâncias tóxicas produzidas são cetonas, aldeídos, alcoóis, hidrocarbonetos e ácidos, os quais são responsáveis pelo odor e sabor característico de ranço (OLIVO et al., 2006).

Segundo Pereira (2009), os lipídios podem ser oxidados de diferentes formas, em função do meio e dos agentes catalisadores, os mecanismos mais conhecidos são a oxidação enzimática, fotoxidação e autooxidação.

A oxidação por via enzimática ocorre pela ação das enzimas lipoxigenases, as quais atuam sobre os ácidos graxos poliinsaturados, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poliinsaturada. Os produtos iniciais consistem de peróxidos e hidroperóxidos

com duplas ligações conjugadas, que podem envolver-se em diferentes reações degradativas (SILVA et al., 1999).

O mecanismo de fotoxidação de gorduras insaturadas é promovido essencialmente pela radiação UV em presença de fotossensibilizadores (clorofila, mioglobina, riboflavina e outros) que absorvem a energia luminosa de comprimento de onda na faixa do visível e a transferem para o oxigênio triplete ($^3\text{O}_2$), gerando o estado singlete ($^1\text{O}_2$). O oxigênio singlete reage diretamente com as ligações duplas formando hidroperóxidos diferentes dos que se observam na ausência de luz e de sensibilizadores, e que por degradação posterior originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (SILVA et al., 1999; CHIATTONE, 2010).

O mecanismo de autoxidação é o principal para a oxidação em alimentos, está associada à reação de oxigênio com ácidos graxos insaturados e ocorre em três etapas distintas: iniciação, propagação e terminação (PEREIRA, 2009).

Segundo Araújo (2008), a reação inicial ocorre quando o átomo de hidrogênio é removido do grupo metileno do ácido graxo insaturado, formando radical livre.

Durante a propagação, os radicais livres formados na etapa de iniciação são convertidos em outros radicais, formando o radical peroxil, que são produtos primários da oxidação (peróxidos e hidroperóxidos) (SILVA et al., 1999).

Na etapa de terminação, ocorre a interrupção das reações devido à redução de ácidos graxos insaturados no sistema, fazendo com que os radicais livres liguem-se entre si formando compostos estáveis (PEREIRA, 2009). De acordo com Silva et al. (1999), esses compostos formados são os produtos secundários de oxidação, obtidos por rearranjo e cisão dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis), cuja natureza e proporção dependem de diversos parâmetros.

Segundo Pereira (2009), quando dois elétrons ocupam um mesmo orbital num átomo ou molécula diz-se que eles estão pareados. Quando o elétron está sozinho em um orbital diz-se que o átomo ou molécula não está pareada. Contudo, os radicais livres são quaisquer espécie química capazes de existir independentemente de ter um ou mais elétrons não pareados, ocupando orbitais atômicos ou moleculares. Em geral, são estáveis e reagem com diversos compostos e estruturas celulares.

Os antioxidantes são comumente usados para inibir, prevenir ou retardar a deterioração pela oxidação, podendo atuar na redução dos radicais livres (antioxidante primário) ou por um mecanismo que não envolve a redução direta dos radicais livres (antioxidante secundário). Os antioxidantes primários, como os compostos fenólicos, serão consumidos durante a fase de iniciação. Os antioxidantes secundários irão atuar por uma

variedade de mecanismos incluindo a ligação com íons metálicos, a redução de oxigênio, a conversão de hidroperóxidos a espécies não-radicais, a absorção de radiação ultravioleta ou a desativação do oxigênio singlete (POKORNY, 2001).

Para evitar a autooxidação de gorduras há a necessidade de reduzir a incidência de todos os fatores que a favorecem, mantendo ao mínimo os níveis de energia (temperatura e luz) que são responsáveis pelo desencadeamento do processo de formação de radicais livres, evitando a presença de traços de metais, evitando ao máximo o contato com oxigênio e bloqueando a formação de radicais livres por meio do uso de antioxidantes, os quais, em pequenas quantidades, atuam interferindo nos processos de oxidação de lipídios (CHIATTONE, 2010).

3.4 OXIDAÇÃO EM CARNE DE FRANGO

O maior desafio na indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos e com cor e sabor agradáveis e que estas características de frescor mantenham-se estáveis durante toda sua vida de prateleira, com a maior segurança e o menor custo possível (OLIVO, 2006).

A oxidação tem início devido à ligação entre carbono e hidrogênio adjacente à dupla ligação da cadeia de carbono, podendo ser catalizada por diversos fatores, especialmente ambientais, como umidade, luz, oxigênio e temperatura; presença de metais como o cobre, o ferro e o manganês; e devido à ação de enzimas e pigmentos (CAMPAGNOL, 2007).

A oxidação lipídica ocorre em lipídeos que contém ácidos graxos insaturados e que podem sofrer oxidação, polimerização e degradação por mecanismos de radicais livres. Sendo considerado um fator limitante na qualidade e aceitabilidade de carnes e produtos cárneos (CANAN, 2010). A carne de frango é um alimento altamente susceptível a oxidação lipídica em função do elevado teor de ácidos graxos insaturados na sua composição (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009). A deterioração pode ser acelerada pelos processamentos anteriores a estocagem, como o corte e o cozimento, os quais rompem as membranas celulares do músculo, facilitando a interação dos ácidos graxos insaturados com substâncias pro-oxidantes (PADILHA, 2007).

As reações de oxidação em lipídeos são causadas pelo oxigênio atmosférico, menos frequentemente pelo ozônio, peróxido, metais e outros agentes oxidantes. No tecido animal, a oxidação lipídica é acelerada pela hemoglobina, mioglobina e pelo citocromo C (ARAÚJO, 2008).

A oxidação lipídica gera produtos que mudam a qualidade dos alimentos, alterando diversas propriedades, como qualidade sensorial dos produtos cárneos, proporcionando modificações na coloração da carne e na gordura, desenvolvimento de sabor e aroma desagradáveis, além de um decréscimo no valor nutritivo do produto devido à destruição de vitaminas e ácidos graxos essenciais (CAMPAGNOL, 2007). A deterioração do sabor causada pela oxidação das gorduras é um fator limitante da vida útil de carnes e produtos cárneos congelados (PADILHA, 2007). A rancidez proporciona a produção de substâncias potencialmente tóxicas como o malonaldeído, que é o maior produto secundário da oxidação lipídica, e que apresenta efeito citotóxico, carcinogênico e mutagênico, além de óxidos de colesterol (CANAN, 2010).

Medidas de controle para a minimização da oxidação lipídica devem ser sempre aplicáveis, como a remoção do oxigênio, inativação das enzimas, proteção contra a luz e íons metálicos (BRUM, 2009). A interação entre antioxidantes contribui para reduzir a oxidação dos ácidos graxos; contudo, estudos feitos por Chiattonne (2010), demonstram a possibilidade de controlar a oxidação causada pelo ozônio em produtos cárneos através do uso de antioxidantes.

A adição de antioxidantes consiste na prática mais comum para aumentar a estabilidade dos lipídeos. No entanto, a prevenção destas reações previne efeitos adversos e aumenta a vida de prateleira (*shelf-life*) dos alimentos (BRUM, 2009).

3.5 ANTIOXIDANTE

Os antioxidantes são um conjunto de substâncias formadas por vitaminas, minerais, pigmentos naturais, outros compostos vegetais e ainda enzimas que bloqueiam o efeito danoso dos radicais livres. O termo antioxidante significa “que impede a oxidação de outras substâncias químicas”, que ocorre nas reações metabólicas como as radiações ionizantes (MESSIAS, 2009 p.16).

Os antioxidantes naturais são pequenas moléculas presentes nos alimentos, com capacidade de interromper a formação de radicais livres. A velocidade das reações de oxidação dos compostos lipídicos é reduzida com a adição de antioxidantes em determinados produtos. Um dos principais antioxidantes naturais é o tocoferol, muito utilizado para prevenir o ranço de produtos com alto conteúdo de gordura (ROCHA, 2008).

Vem sendo amplamente estudado, o uso de antioxidantes naturais pelas indústrias e seus mecanismos funcionais, estes são encontrados na sua maioria em vegetais, o que explica parte das ações saudáveis que as frutas, legumes, hortaliças e cereais integrais exercem sobre o organismo (DOSSIÊ, 2009).

São substâncias usadas para preservar alimentos, através do retardo da deterioração, rancidez e descoloração causada pela autooxidação. Tem como função preservar os alimentos contra indesejáveis mudanças iniciadas em presença do oxigênio, que levam a deterioração do sabor, aroma e coloração dos alimentos, sendo que para os consumidores são itens indispensáveis para aquisição do produto (CAMPAGNOL, 2007).

Os antioxidantes são substâncias capazes de retardar ou reduzir a velocidade da oxidação, apresentam-se como alternativa para minimizar os danos oxidativos nos seres vivos e prevenir a deterioração oxidativa dos alimentos (ARAÚJO, 2008).

Do ponto de vista químico, os antioxidantes contêm pelo menos uma hidroxila são compostos aromáticos que, podendo ser sintéticos como o butilhidroxianisol (BHA) e o butilhidroxitolueno (BHT), os quais na indústria de alimentos são largamente empregados, ou naturais, substâncias bioativas tais como organosulfurados, fenólicos e terpenos, fazendo parte da composição de diversos alimentos (CHIATTONE, 2010).

Os antioxidantes são encontrados naturalmente nos alimentos ou são adicionadas intencionalmente para retardar a oxidação e manter suas características sensoriais. Atualmente, tem se dado maior atenção para o uso de antioxidantes naturais em substituição aos sintéticos, visto que estes estão muitas vezes relacionados a efeitos adversos à saúde (PEREIRA, 2010).

A propriedade antioxidante das especiarias e de outros vegetais se deve principalmente a seus compostos fenólicos. Os antioxidantes naturalmente presentes nos alimentos podem ser divididos em substâncias nutrientes onde se enquadram as vitaminas A, C, E, os carotenóides, a lecitina entre outras (CAMPOS, 1996).

Assim, os antioxidantes naturais, presentes em frutas e vegetais, mostram evidências que podem atuar em benefício da saúde, com a atenuação de doenças cardiovasculares e a prevenção do câncer. Além disso, podem ser mais efetivos no controle da oxidação lipídica nos alimentos (PEREIRA, 2010).

Os aspectos toxicológicos dos antioxidantes têm sido uma das áreas de maior controvérsia nos debates sobre a segurança dos aditivos alimentares. O interesse pelos antioxidantes naturais teve início nos anos 80 diante da comprovação de efeitos maléficos causados por doses elevadas de BHT, BHA e TBHQ (t-butilhidroquinona) sobre o peso do fígado, pela marcada proliferação do retículo endoplasmático. Como consequência, ênfase foi dada à identificação e purificação de novos compostos com atividade antioxidante, provenientes de fontes naturais, como alternativas para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e limitar o uso dos antioxidantes sintéticos (CAMPOS, 1996 *apud* CHIATTONE, 2010, p.35).

O antioxidante ao ser escolhido deve ter propriedades desejáveis como ausência de efeitos indesejáveis na cor, no odor, no sabor, com baixas concentrações deve apresentar eficácia, estabilidade nas condições de processo e armazenamento, compatibilidade com o alimento e fácil aplicação e o composto e seus produtos de oxidação não devem ser tóxicos, mesmo em doses altas que normalmente seriam ingeridas com os alimentos. Na seleção de um antioxidante também deve ser considerado outros fatores, incluindo legislação, custo e preferência do consumidor por antioxidantes naturais (CHIATTONE, 2010).

Nos alimentos, os antioxidantes naturais têm capacidade de funcionar como inibidores de radicais livres, como quelantes ou sequestrantes do oxigênio singlete, como agentes redutores e como desativadores de metais pró-oxidantes (POKORNY, 2001). Pesquisas realizadas com antioxidantes naturais têm mostrado que estes são efetivos em manter a estabilidade lipídica de produtos curados (PEREIRA, 2010).

Pela Portaria n.1004 de 11 de dezembro de 1998 foi regulamentada no Brasil a aplicação de antioxidantes em produtos cárneos, os antioxidantes permitidos cujo limite de uso a quantidade suficiente, “são o ácido ascórbico (INS 301), ascorbato de sódio (INS 302) ou de cálcio (INS 303) ou potássio (INS 315) e o ácido eritórbico ou ácido isoascórbico (INS 320). Os antioxidantes sintéticos que tem limite de uso estabelecidos em 0,01% pela Portaria” são o BHA (INS 320), BHT (INS 321) e galato de propila (INS 310)” (BRASIL, 1998).

No Brasil, o ácido fítico não está regulamentado, mesmo sendo permitido e empregado em outros países, mas este vem sendo pesquisado como antioxidante em produtos cárneos e outros produtos alimentícios (HARBACH et al., 2007). A aplicação de ácido fítico do farelo de arroz como antioxidante, na formulação de embutido cárneo ainda não foi descrita na literatura. A substituição dos antioxidantes sintéticos pelos naturais pode contribuir para o aumento da qualidade e validade dos produtos cárneos no aspecto tecnológico, proporcionando uma melhor saúde para os consumidores (CANAN, 2010).

3.6 ÁCIDO FÍTICO

O ácido fítico (AF) mio-inositol hexafosfato ou mio-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis (dihidrogenofosfato) está presente em cereais, leguminosas, oleaginosas, tubérculos, pólen e amêndoas, em concentrações variando de 1 a 5% do seu peso (ROSSET, 2007). Sua estrutura apresentada na Figura 1, é uma molécula carregada negativamente em ampla faixa de pH, apresenta 12 hidrogênios dissociáveis. Diante disto, tem grande potencial para a formação de complexos em presença de íons metálicos (DE CARLI et al., 2006; FUKUJI et al., 2008).

Nos cereais, o AF está distribuído em diferentes componentes do grão (FILGUEIRAS et al., 2009). O teor é maior nas camadas externas do grão (aproximadamente 88%), estando associado principalmente à camada de aleurona. Devido a isto, o polímero resulta em redução significativa em sua concentração, sendo que o arroz branco polido apresenta 0,065% de AF, comparando a 0,78% no arroz integral (WALTER et al., 2008). No arroz, este composto está distribuído em seus diferentes componentes, com 80% concentrado no aleurona e pericarpo, 7,6% no germe e 1,2 % no endosperma (CANAN, 2010). Nas diversas espécies vegetais 90% do ácido fítico localiza-se na camada aleurônica e o restante 10% no embrião (QUIRRENBACH, 2007). O farelo de arroz é constituído de pericarpo, aleurona e germe, apresentando elevado teor de AF que varia de 5,94 a 6,09% (CANAN, 2010).

O ácido fítico (AF) pode existir na forma de ácido livre, fitato (sal de cálcio do AF) ou fitina (sal de cálcio/magnésio do AF) dependendo do pH e íons metálicos presentes. Sua completa hidrólise resulta em inositol e fosfatos inorgânicos (ROSSET, 2007). Os fosfatos de inositol encontrados em grãos contêm ao redor de 90% do inositol na forma hexafosfórica, correspondendo os restantes 10% à somatório dos penta, teta e trifosfatos (QUIRRENBACH, 2007).

O ácido fítico representa a principal forma de armazenamento de fósforo e energia na planta, o qual é acumulado durante sua maturação mobilizando sua germinação (LAZZARI, 2006). Atua também como um imobilizador de cátions multivalentes, necessário para o controle do processo celular, ao quais são liberados após germinação, age também como regulador dos níveis de fosfato inorgânico (QUIRRENBACH, 2007). Cerca de 60% do fósforo presente são devido à presença de fitato, como os sais de cálcio, potássio, ferro, zinco e de magnésio (DE CARLI et al., 2006). Durante a germinação, o fitato é degradado pela ação da enzima fitase a fosfato inorgânico auxiliando o crescimento dos grãos (QUIRRENBACH, 2007).

Os fitatos representam uma complexa classe de compostos de ocorrência natural que influenciam nas propriedades nutricionais e funcionais dos alimentos. Há séculos, os fitatos têm representado uma área de grande interesse pelos pesquisadores, para verificar seus efeitos deletérios e benéficos (ROSSET, 2007).

A concentração de fitatos, compostos antinutricionais, nos grãos dos cereais e leguminosas depende da disponibilidade de fósforo do solo (SOUZA et al., [20--]). Os fertilizantes solúveis são aplicados ao solo geralmente em forma de sais, estes reagem rapidamente com o solo e estão prontamente disponíveis para ser absorvido pelas plantas, favorecendo ainda mais o processo de absorção e o teor de fitato nos grãos (SILVA et al., 2011). O aumento do teor de fósforo em sementes, por meio de melhoramento genético, é vantajoso, pois a maioria dos solos brasileiros apresenta elevada capacidade de retenção de fósforo, o que leva à necessidade de aplicação de altas doses de fosfatos (ROSA, 2009). Contudo, o que não se sabe é quanto o teor de fitato nos grãos responde à disponibilidade mais lenta dos macronutrientes e micronutrientes no solo (SILVA et al., 2011). Em estudos feito por Souza et al. [20--], onde foi quantificado o ácido fítico (fitato) do arroz integral submetido a diferentes adubações de fósforo no solo, obteve-se melhores resultados da presença do ácido fítico no grão quando este foi submetido a maiores concentrações de fósforo no solo.

Segundo Quirrenbach (2007, p. 17), “vários fatores afetam a disponibilidade dos conteúdos de ácido fítico e fósforo nos grãos, tais como, genética, variações ambientais, local, condições de irrigação, tipos de solo, ano e aplicações de fertilizantes”.

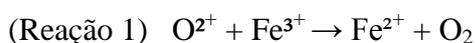
Existem três terminologias para descrever o substrato enzima fitase: ácido fítico, fitato e fitin. Usualmente é denominado ácido fítico (AF) para o ácido na forma livre do *myo*-inositol hexakisfosfato ou IP6. O fitato é a forma aniônica do IP6, encontrado nas plantas. O termo fitin refere-se especialmente aos complexos do IP6 como potássio, magnésio e cálcio e pode ligar-se a proteínas e amidos (PACHECO, 2010).

O ácido fítico foi reconhecido em 1997 como GRAS (*Generally Recognised as Safe*) pela FDA (*Food and Drug Administration*) e tem sido usado como um aditivo em produtos de panificação. No *Codex Alimentarius*, foi revisado como antioxidante com INS (*System for food Additives*) número 391 (FILGUEIRAS et al., 2009; FUKUJI et al., 2008). É um composto inerte, estável e na sua forma sólida pode ser estocado por vários anos e em solução aquosa neutra, ou solução alcalina a 5°C pode ser conservado por vários meses sem se decompor (CANAN, 2010).

Desde a sua descoberta, estudos têm focado como sendo a única estrutura capaz de quelar minerais como cálcio, zinco e ferro, e se combinar com as proteínas e amido, resultando na biodisponibilidade destes nutrientes para o organismo, sendo considerado um composto de ação prejudicial à saúde (WALTER et al., 2008). Porém, novas pesquisas têm mostrado seu efeito benéfico para a saúde humana, devido seu efeito antioxidante, como a diminuição do risco de doenças cardiovasculares e diversos tipos de cânceres (ROSSET, 2007). Estudos feitos com ácido fítico por Lee et al. (2005) e Lee et al. (2006) citado por Walter et al. (2008), relatam que em ratos diabéticos houve a diminuição dos níveis sanguíneos de glicose, podendo assim auxiliar no controle de diabetes.

A propriedade antioxidante ou quelante do AF torna-o um composto único e versátil como aditivo de alimentos e rotineiramente empregado em vários países para prevenir a descoloração, melhorar a qualidade nutricional e prolongar a validade dos produtos (FILGUEIRAS et al., 2009).

Seu efeito benéfico mais salientado pelos pesquisadores é o de quelar o ferro (FUKUJI et al., 2008). O ácido fítico age como um potente antioxidante natural, efetivo agente para inibir a oxidação em produtos alimentares. Ao contrário dos antioxidantes que atuam agindo com o oxigênio nas reações de oxidação, este composto inibe a formação do radical hidroxil dirigido por metais, principalmente o ferro, tornando-os inativos. Assim, o ácido fítico apresenta-se como um antioxidante ideal para as carnes, já que estas têm elevado teor de ferro, que é um dos catalisadores da oxidação em produtos cárneos (COSTA, 2005). Neste contexto, é de fundamental importância a reação de Fenton, onde ocorre a formação de radicais livres catalizada por metais de transição, conforme reação 1.



Traços de Fe^{3+} podem reagir com peróxido de hidrogênio principalmente se estiverem ligados a certos quelantes, como mostra a reação 2.



Entretanto, os sistemas de Fenton são especialmente relevantes em patologias nas quais se verifica o acúmulo de ferro, mostrando uma correlação entre as enfermidades e os efeitos oriundos de danos oxidativos (CANAN, 2010).

Estudos feitos por Empson et al. (1991) citado por Fukuji et al. (2008), demonstram que pequenas quantidades de ácido fítico adicionada em carne de frango promove a inibição das transformações oxidativas, com redução da degradação de ácido ascórbico e diminuição da peroxidação.

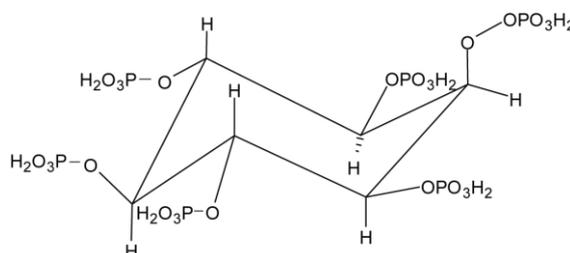


Figura 1: Estrutura do ácido fítico (DE CARLI et al., 2006).

3.7 FARELO DE ARROZ

No processo de beneficiamento do arroz, são obtidos vários subprodutos passíveis de agregar valor tecnológico e nutricional. Dentre esses, encontra-se o farelo de arroz, que é um subproduto proveniente do polimento do arroz descascado para produzir o arroz branco (MORO et al., 2004). Representa cerca de 8% do grão em casca e possui conteúdos variáveis de amido provenientes do endosperma, de resíduos de casca e de fragmentos de grão, sendo, portanto, um subproduto que possui teores variáveis de nutrientes, dependendo do sistema de beneficiamento, do grau de polimento dado ao arroz, do tratamento do grão antes do beneficiamento e da cultivar (JÚNIOR et al., 2009).

A utilização do arroz integral traz mais benefícios nutricionais, quando comparado ao arroz polido, devido a sua integridade de estrutura mantida durante o beneficiamento (SILVA, 2007). Este cereal é veículo de substâncias bioativas, que atribuem a alegação de funcional aos alimentos. O arroz se enquadra neste conceito especialmente por possuir o amido resistente, que é capaz de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo benefícios como o retardamento de doenças crônico-degenerativas e consequentemente promovendo efeitos benéficos à saúde (HEISLER et al., 2008).

O farelo de arroz é uma excelente fonte de carboidratos, fibras, vitaminas, minerais, proteínas e lipídios. As fibras do farelo de arroz possuem boa capacidade de absorção de água e óleo e, por isso, podem contribuir para o desenvolvimento de uma enorme variedade de

produtos industrializados que requerem estas propriedades (JÚNIOR et al., 2009). Além das vantagens relacionadas ao conteúdo de fibra alimentar presente no farelo de arroz, este, ao contrário dos farelos de trigo, aveia, cevada e centeio, não possui glúten, podendo, portanto, ser utilizado por pessoas intolerantes a esta proteína (LACERDA et al., 2010). Além disso, o farelo de arroz, também possui baixo índice glicêmico que faz com que os carboidratos sejam absorvidos lentamente, isso atenua os picos glicêmicos após as refeições e promove maior saciedade (HEISLER et al., 2008).

As fibras do tipo insolúvel, como hemiceluloses e lignina, são consideradas importantes na diminuição do colesterol sanguíneo e na prevenção do câncer de cólon. Essa fração possui propriedades importantes, que incluem a capacidade de reter água, aumentar o volume fecal, diluir substâncias carcinogênicas presentes no conteúdo do intestino grosso, reduzir o tempo de trânsito no cólon e o contato entre os carcinógenos (JÚNIOR et al., 2008).

No farelo de arroz encontram-se os componentes fenólicos que possuem radicais livres com a propriedade de limpar, portanto, podem ser considerados antioxidantes (MORO et al., 2004). Esse composto apresenta alta concentração de fitinas (9,5 a 14,5%), matéria-prima fundamental para a obtenção de ácido fítico e fitatos. Esse importante ácido oriundo do farelo de arroz pode, ainda, ser utilizado como aditivo alimentar para realçar o sabor de carnes e peixes (PESTANA et al., 2008).

O farelo de arroz apresenta propriedades únicas quando comparado a outros farelos de cereais, quanto ao seu emprego em panificação é apropriado para elaboração de diversos produtos, como pães, *muffins*, bolos, biscoitos e tortas (JÚNIOR et al., 2008). Ainda é destinado para a fabricação de alimentos infantis, barras de cereais e demais receitas (HEISLER et al., 2008).

Apesar de todos os benefícios socioeconômicos e nutricionais, sua utilização ainda é modesta (HEISLER et al., 2008). O farelo de arroz apresenta abundância e baixo valor comercial, sendo mais empregado, na indústria brasileira, para extração de óleo, como ração animal e fertilizante (LACERDA et al., 2010). Entretanto, na literatura científica há poucos estudos sobre as aplicações do farelo de arroz em produtos para a alimentação humana (JÚNIOR et al., 2008).

O aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz no Brasil ainda é incipiente e pouco diversificado. A casca e o farelo ainda são vistos como sinônimos de poluição ambiental. Nas regiões onde o arroz é altamente consumido, grandes quantidades de farelo são desprezadas (JÚNIOR et al., 2009). No entanto, pesquisas que envolvam a viabilização da utilização do farelo de arroz, na alimentação humana, podem garantir ao

consumidor um produto seguro, do ponto de vista nutricional, microbiológico e sensorial, além de auxiliar no planejamento de estratégias de promoção da saúde pública (LACERDA et al., 2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi conduzido no período de julho/2011 a dezembro de 2011, nos Laboratórios de Análise de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Francisco Beltrão.

As variáveis dependentes analisadas foram de oxidação lipídica, aroma de requentado, cor e avaliação sensorial. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística pelo uso do programa STATISTICA 7.0. Além disso, comparou-se os resultados com metodologias científicas de demais autores.

4.1 MATERIAL

4.1.1 Matéria-prima

Para elaboração do embutido cárneo, foi adquirido a matéria-prima e os demais ingredientes no mercado local de Francisco Beltrão. Para a avaliação da oxidação lipídica da linguiça de frango adicionou-se farelo de arroz integral, fornecido pela Arroeira Cajueiro de Faxinal-Paraná da variedade Puita INTA CL e ácido fítico purificado (Sigma-Aldrich From Rice – P0104 \geq 90% de pureza).

A elaboração da linguiça de frango foi conduzida na UEPE de Tecnologia de carnes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Francisco Beltrão.

Todos os reagentes utilizados foram de pureza analítica e de diferentes procedências comerciais. Ambos são mencionados no decorrer das análises descritas abaixo.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Determinação do teor de ácido fítico do farelo de arroz

O teor de ácido fítico foi quantificado conforme procedimento descrito por Latta & Eskin (1980), com modificações da resina para Dowex-AGX-4, proposto por Ellis & Morris (1986).

Para a extração do ácido fítico do farelo de arroz pesou-se 5 g de farelo de arroz em erlenmeyer de 125 mL, e adicionou 50 mL ácido clorídrico 0,8 M, agitou-se a amostra em *shaker* (Modelo Shaker incubating 4600, Marca LS Logen Scientific) a 250 rpm por 2 horas. Posteriormente em centrífuga (Modelo MTD II PLUS, Marca Logen Scientific) centrifugou-se o material a 2000 rpm por 10 minutos, obteve-se o sobrenadante contendo o ácido fítico.

Para procedimento da cromatografia de troca iônica, utilizou-se uma coluna de vidro de 10 cm de comprimento, colocou-se ao fundo desta 1 cm de lã de vidro, pesou-se 0,5g da resina DOWEX-AGX-4 em um béquer e diluiu com mais 10 mL de água destilada, eluiu-se na coluna com auxílio de uma pipeta volumétrica, posteriormente eluiu-se 10 mL de NaCl 0,7 mol.L⁻¹ e 10 mL de água destilada.

Em seguida, adicionou-se 2 mL do sobrenadante em um balão volumétrico de 50 mL, completou-se com água, eluiu-se 2 mL dessa solução na coluna, e posteriormente 10 mL de NaCl 0,1 mol.L⁻¹ desprezou-se, eluiu-se com 10 ml de NaCl 0,7 mol.L⁻¹ coletou-se esta solução em um béquer pequeno. Em um tubo de ensaio adicionou-se 3 mL desta solução e 1 mL do reativo de Wade (ácido sulfosalicílico e cloreto férrico). Realizou-se a leitura do complexo formado em espectrofotômetro UV-Visível (Modelo 800 XI, marca Femto) a 500 nm. O resultado foi expresso em mg de ácido fítico em 100 g da amostra.

4.2.2 Aplicação do farelo de arroz e ácido fítico purificado como antioxidante em linguiça de frango

O farelo de arroz e o ácido fítico purificado foram adicionados na linguiça de frango durante sua preparação, juntamente com os condimentos. Utilizou-se 5 formulações, sendo que o último ensaio teve duas repetições que são os pontos 6 e 7 do planejamento experimental. Os tratamentos foram ordenados com variações nas quantidades de ácido fítico purificado e farelo de arroz, correspondente a 0 mg, 50 mg e 150 mg de farelo de arroz e/ou

ácido fítico purificado por Kg de linguiça, além do tratamento padrão sem adição de ácido fítico e farelo de arroz. Após a obtenção das linguiças com adição do farelo de arroz e ácido fítico purificado, as amostras foram analisadas, em triplicata, após 1, 3 e 5 dias de produção. Foram realizadas as determinações de cor conforme descrito no item 4.4.1, oxidação lipídica conforme item 4.4.2 e determinação do aroma de requentado do item 4.4.3. A análise sensorial descrita no item 4.4.4 foi realizada 55 dias após a obtenção da linguiça e durante este período a mesma foi mantida sob congelamento.

4.2.3 Elaboração da linguiça de frango adicionada de farelo de arroz e ácido fítico

Para elaboração foram utilizadas as seguintes matérias-primas e ingredientes: carne de peito sem pele (36%), carne de coxa e sobrecoxa com pele (50%), água gelada (10%), sal (1,7%), nitrato e nitrito de sódio (0,25%), fosfato de sódio (0,25%), mix de espessantes (1,20%), alho com sal (0,3%), pimenta branca (0,02%), cebola desidratada (0,1%), glutamato monossódico (0,05%), salsa (0,03%) e antioxidante (ácido fítico purificado e farelo de arroz).

As etapas para a elaboração da linguiça de frango estão apresentadas na Figura 2. A matéria-prima utilizada deve ser de boa qualidade microbiológica. A pesagem dos ingredientes cárneos e não cárneos deve ser criteriosa, é recomendado o uso de balança com precisão, para que não ocorram erros que alterem o sabor da linguiça (OLIVO, 2006).

As carnes foram reduzidas a pedaços menores para facilitar o processo de moagem, posteriormente foram moídas em um moedor de carnes (Marca G. PANIZ) na UEPE de Tecnologia de carne.

Adicionou-se à carne moída, sal, fosfato de sódio, água gelada, mix de espessantes, sendo que os condimentos foram acrescidos juntamente com o farelo de arroz e o ácido fítico, e por fim acrescentou-se o nitrito e nitrato de sódio (cura rápida). A mistura dos ingredientes foi conduzida de forma manual, estando pronta quando proporcionar liga a massa, melhorando assim a capacidade de retenção de água. Deixou-se a massa cárnea maturando para que os sais de cura e demais ingredientes confirmem sabor característico. O embutimento foi realizado com auxílio de embutideira manual (Marca FRISUL), utilizando envoltório natural suíno de calibre 32 mm. Após o embutimento a peças foram moldadas amarrando-as com barbante. Armazenou-se as linguiças na BOD (Modelo MA-415, Marca Marconi) com temperatura controlada 7°C por 5 dias. Para realização das análises retirou-se uma amostra de cada formulação, e o restante foi congelado em freezer comercial para posterior avaliação sensorial.

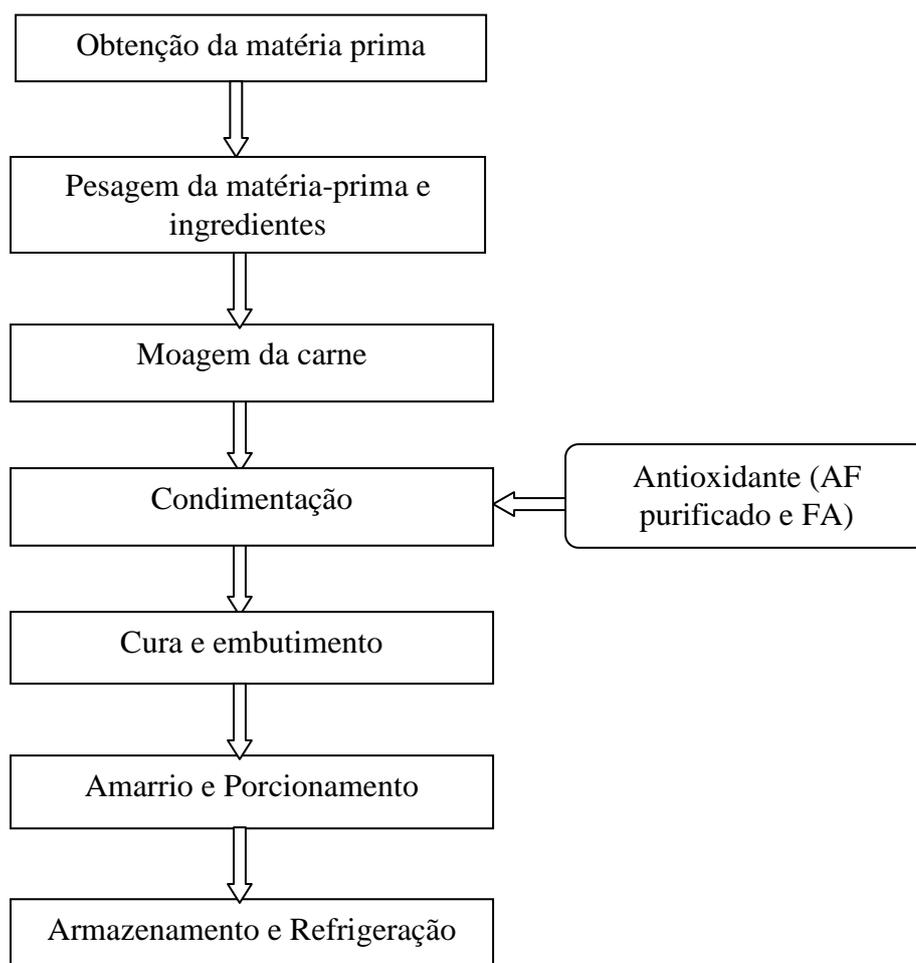


Figura 2: fluxograma de obtenção da linguiça de frango.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram elaboradas diferentes formulações de linguiça de frango, variando as concentrações de ácido fóico e farelo de arroz. Foi empregado delineamento fatorial completo 2^{2-0} , com duas repetições no ponto central. As variáveis independentes avaliadas foram ácido fóico e farelo de arroz. O delineamento experimental obteve sete ensaios em duplicata, com os níveis de variações entre 0 mg, 50 mg e 150 mg de farelo de arroz e/ou ácido fóico purificado por Kg de linguiça conforme apresentado nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Valores reais das variáveis do planejamento experimental e seus respectivos níveis codificados.

Variáveis	Níveis		
	-1	0	1
Ácido fóico	0	50 mg/Kg	150 mg/Kg
Farelo de arroz	0	50 mg/Kg	150 mg/Kg

Tabela 2: Delineamento fatorial completo com as variáveis independentes.

Ensaio	Planejamento	
	Ácido fítico	Farelo de arroz
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	0	0
6	0	0
7	0	0

4.4 AVALIAÇÕES DO ÁCIDO FÍTICO NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DA LINGUIÇA

4.4.1 Determinação da cor na linguiça de frango

Verificou-se a cor das amostras com auxílio de colorímetro Minolta CR400 (Konica Minolta) no sistema de cor CIELAB medindo os valores de L* (Luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul). Realizou-se a leitura nas amostras com três repetições por ponto, em três diferentes regiões da superfície inferior e superior da linguiça de frango, de acordo com a metodologia proposta por Honikel (1998).

4.4.2 Determinação da oxidação lipídica na linguiça de frango

Determinou-se a oxidação lipídica através da metodologia descrita por Tarladgis et al. (1964) e modificado por Crackel et al. (1988), que consiste em determinar espectrofotometricamente à formação do complexo de dois mols de ácido tiobarbitúrico (TBA) com um mol de malonaldeído e outras substâncias que reagiram com o TBA, que resulta na formação de compostos de coloração vermelha.

Utilizou-se 10 gramas de amostra para quantificação em triplicata, e posteriormente foram submetidas à hidrólise com ácido clorídrico 4N e destilação sob aquecimento. O destilado obtido foi submetido à reação de cor com o TBA e posterior leitura da absorbância em espectrofotômetro com comprimento de onda de 530nm.

Os resultados foram expressos em mol de malonaldeído/kg de amostra, e os cálculos obtidos a partir da curva padrão com solução padrão de 1,1,3,3 Tetraetoxipropano.

4.4.3 Determinação do aroma de requentado na linguiça de frango

Para determinação do aroma de requentado ou *warmed-over flavor* (WOF) pesou-se 10 gramas de amostra e estas foram embaladas e cozidas em banho-maria por 35min a $85\pm 5^{\circ}\text{C}$, até temperatura interna de $75\pm 5^{\circ}\text{C}$. As amostras foram armazenadas em BOD por 48h a 7°C , posteriormente fez-se o reaquecimento por 15min a $85\pm 5^{\circ}\text{C}$, resfriou as amostras a temperatura ambiente e realizou-se a destilação e hidrólise com ácido clorídrico 4N (IGENE e PEARSON, 1979). Prosseguiu-se a determinação seguindo a metodologia descrita por Tarladgis et al. (1964) modificada por Crackel et al. (1988) e conforme descrito no item 4.4.2. Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído/kg de amostra.

4.4.4 Avaliação sensorial da linguiça de frango

Foi realizada a análise sensorial da linguiça de frango através de Teste de aceitabilidade. O teste foi realizado com 60 provadores não treinados, usando-se o teste de escala hedônica com escala de 9 pontos, variando de desgostei muitíssimo (nota 1) a gostei muitíssimo (nota 9). Os provadores avaliaram a linguiça de frango após período de congelamento de 55 dias, através dos atributos: textura, sabor, odor e impressão global, conforme ficha de avaliação apresentada na Figura 3.

Os testes foram realizados em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos da UTFPR – câmpus Francisco Beltrão. As amostras eram entregues aos provadores em pratos descartáveis, codificadas com números de três dígitos, acompanhadas de um copo com água, um guardanapo, uma bolacha salgada e a ficha de avaliação. Foram avaliados os cinco tratamentos simultaneamente pelos julgadores, sendo que dentre elas uma era o controle (sem adição de antioxidante), ambas foram cortadas em rodela com aproximadamente 15 gramas e servidas previamente aquecidas.

Nome:		Idade:		Sexo: F () M ()		Data:...../...../.....	
Teste de preferência com escala hedônica verbal. Prove as amostras codificadas de Linguiça de frango, da esquerda para direita e marque a alternativa que melhor indica a sua opinião, quanto á Odor, Textura, Sabor e Impressão Geral .							
Amostra 321							
Odor	Textura	Sabor	Impressão Geral				
<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo				
<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito				
<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei				
<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco				
<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco				
<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito				
<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo				
Amostra 456							
Odor	Textura	Sabor	Impressão Geral				
<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo				
<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito				
<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei				
<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco				
<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco				
<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito				
<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo				
Amostra 189							
Odor	Textura	Sabor	Impressão Geral				
<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo				
<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito				
<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei				
<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco				
<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco				
<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito				
<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo				
Amostra 780							
Odor	Textura	Sabor	Impressão Geral				
<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo				
<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito				
<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei				
<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco				
<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco				
<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito				
<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo				
Amostra 533							
Odor	Textura	Sabor	Impressão Geral				
<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> gostei muitíssimo				
<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito	<input type="checkbox"/> gostei muito				
<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei	<input type="checkbox"/> gostei				
<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco	<input type="checkbox"/> gostei pouco				
<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei	<input type="checkbox"/> ã gostei nem desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco	<input type="checkbox"/> desgostei pouco				
<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei	<input type="checkbox"/> desgostei				
<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito	<input type="checkbox"/> desgostei muito				
<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo	<input type="checkbox"/> desgostei muitíssimo				

Figura 3: Ficha de avaliação sensorial do Teste de Escala Hedônica.

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para avaliação do efeito das concentrações de farelo de arroz e ácido fólico purificado como antioxidante em linguiça de frango foi utilizada metodologia de superfície de resposta utilizando o *software* STATISTICA 7.0 (STATSOFT, 2004).

Os resultados da análise sensorial foram avaliados por meio de Análise de variância (ANOVA) e o teste de tukey para verificar a diferença entre as médias ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DETERMINAÇÃO DO ÁCIDO FÓLICO NO FARELO DE ARROZ

O teor médio de ácido fólico do farelo de arroz integral da variedade Puita INTA CL foi de $73,116 \pm 0,580$ mg/g, considerando os resultados das análises em triplicata. Valores semelhantes foram encontrados por Canan (2010) de 67,00 mg/g de farelo de arroz integral, por Moro et al. (2004) com 81,4% da atividade antioxidante por grama de farelo de arroz, por Cúneo et al. (2000) equivalente a 84,8% do teor total em farelo de arroz estabilizado e por Helbig et al. (2008) que analisaram multimistura de diferentes grãos obtendo um teor de ácido fólico de $35,90 \pm 3,90$ mg/kg.

As variações no teor de ácido fólico, possivelmente, estão relacionadas às diferenças genéticas entre os híbridos, às condições climáticas e de irrigação e ao tipo de solo no qual foram cultivados, além do método analítico empregado para sua quantificação (FUKUJI et al., 2008).

5.2 DETERMINAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA NA LINGUIÇA DE FRANGO

A partir de um planejamento fatorial e metodologia de superfície de resposta foram avaliados os efeitos da variação simultânea do ácido fólico e do farelo de arroz, usando três níveis para cada variável.

O efeito antioxidante da adição do ácido fólico e do farelo de arroz e suas combinações na linguiça de frango foram investigados conforme planejamento experimental

completo apresentado na Tabela 3. A determinação do efeito antioxidante sobre a oxidação lipídica da linguiça de frango foi realizada através da quantificação das substâncias reativas ao TBA. Para os sete ensaios do delineamento experimental, nos três dias de análise após fabricação da linguiça de frango, o ensaio que apresentou menores valores para a oxidação lipídica foi o ensaio 3, adicionado em sua formulação 0mg/Kg de ácido fítico e 150mg/Kg de farelo de arroz. Desta forma, Os valores obtidos para esse tratamento seguidos pela média e desvio padrão variaram no 1º dia $0,098 \pm 0,048$, no 3º dia de $0,204 \pm 0,016$, e no 5º dia $0,261 \pm 0,058$.

De acordo com estes achados para oxidação lipídica verificou-se que dependendo da vida de prateleira das linguiças de frango os valores de TBA foram influenciados, apresentando aumento significativo das médias do 1º ao 3º dia, evidenciando um pequeno decréscimo de valores no 5º dia apenas para os ensaios 5, 6 e 7. Segundo Kufner (2010), durante a avaliação da oxidação lipídica em alimentos estocados, os decréscimos dos valores de TBARS ocorrem provavelmente devido a interações entre o malonaldeído e as proteínas.

Resultado semelhante foi encontrado por Queiroz (2006), conforme a vida de prateleira da linguiça frescal de frango a média do TBA foi significativamente maior do que no dia "0", obtendo valores que variaram de $0,93 \pm 0,34$ a $4,09 \pm 5,71$ mg malonaldeído/Kg.

Em relação aos valores médios de TBARS em linguiças frescal de frango tratadas com extrato aquoso de manjerona, observa-se que a aplicação do extrato proporcionou melhores resultados em relação à estabilidade oxidativa das amostras até o 12º dia de armazenamento, com valores de TBARS menores que 0,5 mg malonaldeído/Kg da amostra (KUFNER, 2010)

Os resultados médios de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico das amostras de linguiça de frango, formuladas com diferentes concentrações de polifosfato e estocados por 15 dias, obtiveram valores até o 3º dia de 0,5 mg TBA/g de amostra, sendo estes aumentados conforme a vida útil do produto (SILVA, 2004).

Em estudo feito por Alves (2009) com linguiça toscana aplicando extrato aquoso de própolis e chá verde, pode-se verificar que até os 20 dias de armazenamento os valores estão abaixo de 0,50 mg malonaldeído/Kg da amostra, porém no 27º dia esses valores estão acima de 1,59 mg malonaldeído/Kg da amostra considerando prejudicial a saúde, já que as alterações sensoriais (formação de ranço) são perceptíveis com valores de 0,5 a 2,0 mg malonaldeído/Kg de carne.

Tabela 3: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para oxidação lipídica da linguiça de frango expresso em mg malonaldeído/kg.

Ensaio	Ácido fítico	Farelo de arroz	Oxidação	Oxidação	Oxidação
			lipídica (1º dia)*	lipídica (3º dia)*	lipídica (5º dia)*
1	-1 (0mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	0,144 ± 0,021	0,296 ± 0,013	0,410 ± 0,013
2	1 (150mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	0,169 ± 0,014	0,285 ± 0,055	0,557 ± 0,042
3	-1 (0mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	0,098 ± 0,048	0,204 ± 0,016	0,261 ± 0,058
4	1 (150mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	0,281 ± 0,014	0,225 ± 0,007	0,296 ± 0,000
5	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	0,196 ± 0,000	0,309 ± 0,014	0,298 ± 0,006
6	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	0,196 ± 0,000	0,309 ± 0,014	0,298 ± 0,006
7	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	0,196 ± 0,000	0,309 ± 0,014	0,298 ± 0,006

* média ± desvio padrão

As Tabelas 4 e 5 apresentam os efeitos das variáveis sobre a resposta obtida no 1º, 3º e 5º dia após a produção das linguiças de frango. Considerando os coeficientes de regressão (Tabela 4) e análise de variância (ANOVA) (Tabela 5), o ácido fítico purificado apresentou influencia na inibição da oxidação lipídica no 5º dia de análise, mostrando-se significativo ($p < 0,012624$). Contudo, a análise de variância ANOVA mostrou que este modelo é significativo ($p \leq 0,05$).

A Tabela 5 revela ainda que a concentração de farelo de arroz e a interação entre farelo de arroz e ácido fítico no 1º e 3º dia após a fabricação da linguiça de frango não alteraram significativamente na variável dependente, o que demonstra que a escolha dos níveis da variável foi equivocada, ou que, neste período o processo oxidativo dos lipídios ainda era pouco significativo. A determinação das substâncias reativas ao TBA, mensura substâncias potencialmente tóxicas como o malonaldeído, que é o maior produto secundário da oxidação lipídica, e que apresenta efeito citotóxico, carcinogênico e mutagênico, além de óxidos de colesterol (CANAN, 2010; TARLADGIS et al., 1964).

Tabela 4: Coeficiente de regressão para a oxidação lipídica da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.

Oxidação lipídica (1º dia)	Efeito	Erro Padrão	t (10)	P
Ácido Fóico (AF)	0,082253	0,048194	1,70670	0,118686
Farelo de Arroz (FA)	-0,030093	0,048194	-0,62442	0,546335
Interação AF e FA	-0,055208	0,048194	-1,14553	0,278665
Oxidação lipídica (3º dia)	Efeito	Erro Padrão	t (10)	P
Ácido Fóico (AF)	-0,023743	0,034677	-0,68469	0,509097
Farelo de Arroz (FA)	0,036000	0,034677	1,03817	0,323642
Interação AF e FA	0,047637	0,034677	1,37375	0,199528
Oxidação lipídica (5º dia)	Efeito	Erro Padrão	t (10)	P
Ácido Fóico (AF)	-0,186817	0,061605	-3,03248	0,012624*
Farelo de Arroz (FA)	0,074648	0,061605	1,21171	0,253476
Interação AF e FA	-0,072126	0,061605	-1,17078	0,268831

* p≤0,05

Tabela 5: Teste de ANOVA para a oxidação lipídica da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.

Oxidação lipídica (1º dia)	Df¹	MS²	F
Ácido Fóico (AF)	1	0,013531	2,912811
Farelo de Arroz (FA)	1	0,001811	0,389896
Interação AF e FA	1	0,006096	1,312232
Oxidação lipídica (3º dia)	Df¹	MS²	F
Ácido Fóico (AF)	1	0,001127	0,468800
Farelo de Arroz (FA)	1	0,002592	1,077798
Interação AF e FA	1	0,004539	1,887191
Oxidação lipídica (5º dia)	Df¹	MS²	F
Ácido Fóico (AF)	1	0,069801	9,195922*
Farelo de Arroz (FA)	1	0,011145	1,468252
Interação AF e FA	1	0,010404	1,370722

¹= Graus de liberdade; ²= soma dos quadrados; * p≤0,05

Os valores das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) representam o conteúdo dos produtos secundários (principalmente aldeídos) formados durante a oxidação

lipídica e contribuem para a perda de odores em alimentos (PEREIRA, 2009). Desta forma, pode-se dizer que o ácido fítico purificado teve um efeito marcante na redução dos compostos formados pela oxidação lipídica. Seu efeito foi melhor em relação ao farelo de arroz e a interação entre o ácido fítico e farelo de arroz, conforme armazenamento da linguiça de frango.

A resposta dos efeitos sobre a concentração de ácido fítico, farelo de arroz e suas interações foram obtidas através de gráficos de superfície de resposta conforme Figura 4, permitindo a visualização do comportamento da oxidação lipídica da linguiça de frango em função das variáveis que apresentaram influência sobre a variável dependente.

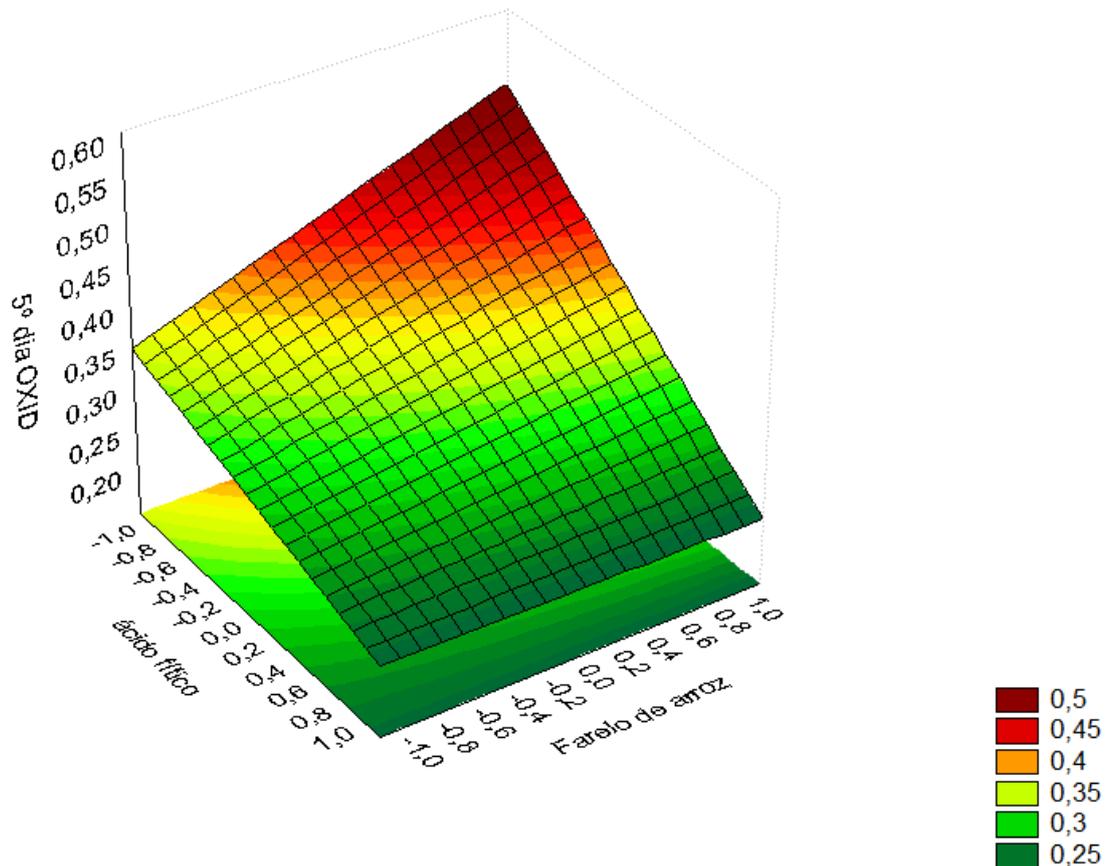


Figura 4: Superfície de resposta com as variáveis ácido fítico e farelo de arroz em função da oxidação lipídica, fixadas no 5º dia de fabricação da linguiça de frango.

A Figura 4 mostra que através da interação entre o ácido fítico e a concentração de farelo de arroz, a variável que mais influenciou na oxidação lipídica da linguiça de frango no 5º dia

após sua fabricação foi o teor de ácido fítico. Portanto, o ácido fítico inibiu de forma efetiva as reações oxidativas no decorrer da vida de prateleira da linguiça de frango.

O ácido fítico é descrito como um forte quelador de íons Fe^{2+} e possivelmente mantém todo o ferro na forma oxidada prevenindo, assim, a formação de hidroperóxidos lipídicos e, conseqüentemente, a peroxidação lipídica (FILGUEIRAS et al., 2009).

5.3 DETERMINAÇÃO DO AROMA DE REQUENTADO NA LINGUIÇA DE FRANGO

Para verificar o efeito das concentrações de ácido fítico, farelo de arroz e suas combinações sobre a estabilidade lipídica da linguiça de frango após a cocção, foram quantificadas as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), através da determinação do aroma de requentado ou *warmed-over flavor* (WOF). O teste de TBARS quantifica malonaldeído, um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos polinsaturados, formado durante o processo oxidativo (KUFNER, 2010).

O planejamento fatorial completo com os ensaios e as variáveis independentes nos três dias de análises para o WOF estão detalhadas na Tabela 6, onde mostra a média e o desvio padrão das amostras. Contudo, evidenciou-se maior proteção sobre a rancificação no 1º dia de WOF para o tratamento controle (sem adição de antioxidantes) referente ao ensaio 1, que obteve valores de $0,112 \pm 0,000$, para o 3º e 5º dia de WOF os menores teores foram atribuído aos tratamentos adicionados de 50mg/Kg de ácido fítico e de farelo de arroz, com médias de $0,273 \pm 0,000$ e $0,266 \pm 0,007$ respectivamente, correspondente aos ensaios 5, 6 e 7 do delineamento experimental.

Avaliando as médias para o WOF, nota-se que o cozimento da linguiça de frango, resultou em um aumento dos valores de malonaldeído para o 1º e 3º dia conforme armazenagem, entretanto para o 5º dia os valores mostraram-se menores, com um ligeiro decréscimo, com exceção do ensaio 1 (sem a adição de antioxidantes). Esses números foram frequentemente reduzidos durante o armazenamento devido a reações do malonaldeído com a proteína tornando essas moléculas protéicas componentes insolúveis (QUEIROZ, 2006).

Tabela 6: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para aroma de requentado ou *warmed-over flavor* (WOF) da linguiça de frango expresso em mg de malonaldeído/Kg.

Ensaio	Ácido fítico	Farelo de arroz	WOF (1º dia)*	WOF (3º dia)*	WOF (5º dia)*
1	-1 (0mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	0,112 ± 0,000	0,314 ± 0,000	0,334 ± 0,035
2	1 (150mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	0,190 ± 0,006	0,336 ± 0,021	0,333 ± 0,049
3	-1 (0mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	0,145 ± 0,024	0,305 ± 0,038	0,273 ± 0,029
4	1 (150mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	0,196 ± 0,013	0,323 ± 0,021	0,278 ± 0,000
5	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	0,168 ± 0,047	0,273 ± 0,000	0,266 ± 0,007
6	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	0,168 ± 0,047	0,273 ± 0,000	0,266 ± 0,007
7	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	0,168 ± 0,047	0,273 ± 0,000	0,266 ± 0,007

* média ± desvio padrão

O coeficiente de regressão e a análise de variância (ANOVA) em função das variáveis respostas apresentada na Tabela 7 e 8 respectivamente indicam que a interação entre ácido fítico e farelo de arroz influenciaram significativamente para o 1ª dia do aroma de requentado (WOF). Conseqüentemente, estas duas variáveis impediram alterações oxidativa na linguiça de frango, como o desenvolvimento de sabores e aromas desagradáveis. Para o 3º dia de aroma de requentado, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as variáveis, contudo observa-se que os antioxidantes adicionados não tiveram o efeito esperado. Entretanto, no 5º dia após a fabricação da linguiça de frango, o melhor efeito na inibição da rancificação das linguiças cozidas foi atribuído ao ácido fítico, mostrando que houve diferença significativa neste tratamento ($p < 0,020220$). Como em nossos resultados, Soares et al. (2004) também verificaram que a suplementação com vitamina E na dieta de aves inibiu o desenvolvimento do aroma de requentado.

Em estudo feito por Canan (2010), o WOF em CMS de frango adicionadas de ácido fítico purificado foi inibido em mais de 47%, sendo que conforme a concentração adicionada de ácido fítico e o tempo de armazenagem a -18°C por 120 dias esses valores modificavam significativamente. Estes resultados são semelhantes aos resultados obtidos neste trabalho, onde a inibição do WOF pelo ácido fítico foi em torno de 20% no 5º dia após a fabricação.

Tabela 7: Coeficiente de regressão para o aroma de requeijado da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.

Aroma de requeijado (1º dia)	Efeito	Erro Padrão	t (10)	P
Ácido Fólico (AF)	0,030728	0,018830	1,63183	0,133766
Farelo de Arroz (FA)	0,025228	0,018830	1,33978	0,209966
Interação AF e FA	-0,052669	0,018830	-2,79707	0,018889*
Aroma de requeijado (3º dia)	Efeito	Erro Padrão	t (10)	P
Ácido Fólico (AF)	-0,027108	0,020314	-1,33446	0,211641
Farelo de Arroz (FA)	-0,014106	0,020314	-0,69440	0,503247
Interação AF e FA	-0,035719	0,020314	-1,75836	0,109193
Aroma de requeijado (5º dia)	Efeito	Erro Padrão	t (10)	P
Ácido Fólico (AF)	-0,066836	0,024239	-2,75740	0,020220*
Farelo de Arroz (FA)	-0,011184	0,024239	-0,46142	0,654371
Interação AF e FA	-0,000498	0,024239	-0,02056	0,984002

* $p \leq 0,05$

Tabela 8: Teste de ANOVA para o aroma de requeijado ou *warmed-over flavor* (WOF) da linguiça de frango 1, 3 e 5 dias após a produção.

Aroma de requeijado (1º dia)	Df¹	MS²	F
Ácido Fólico (AF)	1	0,001888	2,662879
Farelo de Arroz (FA)	1	0,001273	1,795012
Interação AF e FA	1	0,005548	7,823616*
Aroma de requeijado (3º dia)	DF¹	MS²	F
Ácido Fólico (AF)	1	0,001470	1,780795
Farelo de Arroz (FA)	1	0,000398	0,482185
Interação AF e FA	1	0,002552	3,091833
Aroma de requeijado (5º dia)	DF¹	MS²	F
Ácido Fólico (AF)	1	0,008934	7,603233*
Farelo de Arroz (FA)	1	0,000250	0,212908
Interação AF e FA	1	0,000000	0,000423

¹= Graus de liberdade; ² = soma dos quadrados; * $p \leq 0,05$

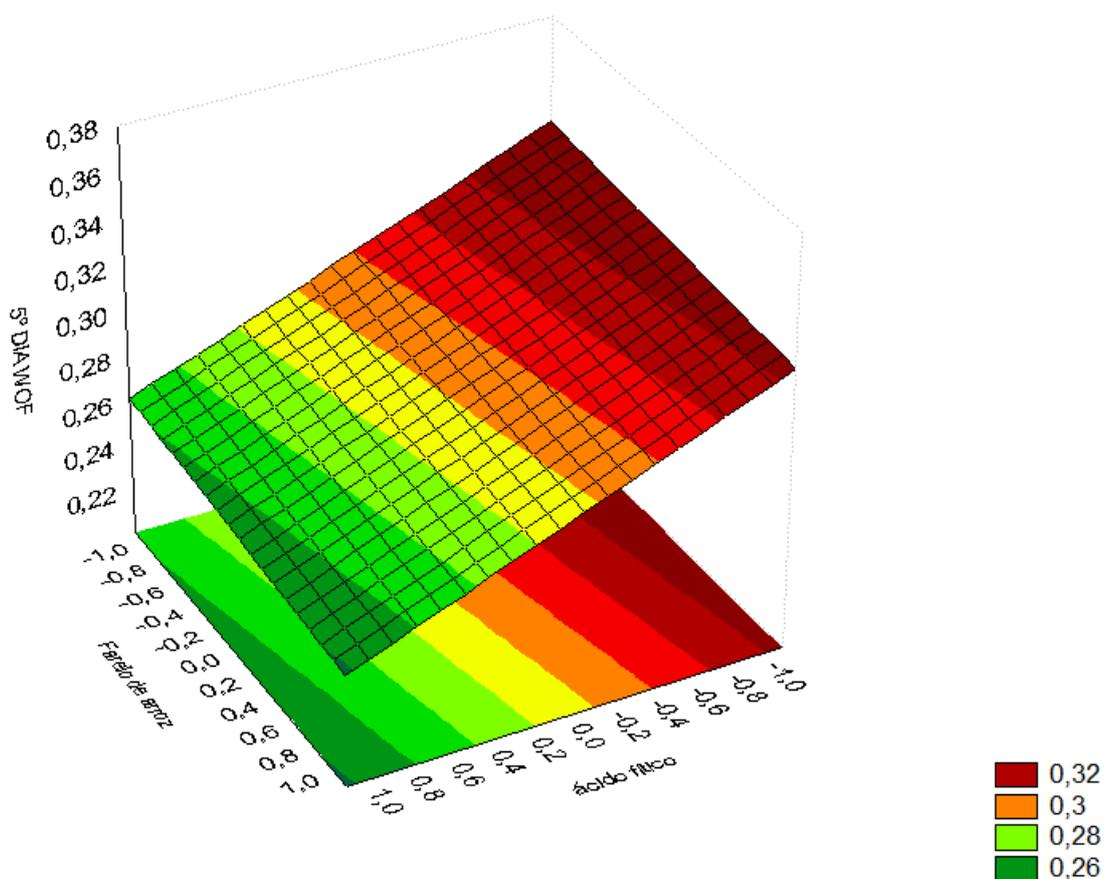


Figura 5: Superfície de resposta com as variáveis ácido fítico e farelo de arroz em função do aroma de requentado, fixadas no 5º dia de fabricação da linguiça de frango.

Os efeitos da concentração do ácido fítico e do farelo de arroz estão apresentadas na Figura 5 através de gráficos de superfície de resposta que demonstram a influência do ácido fítico e do farelo de arroz sobre o comportamento do WOF em função das variáveis independentes, determinadas no 5º dia após a fabricação da linguiça de frango. Porém, para os melhores efeitos, nota-se que, a variável que mais influenciou o valor de WOF é a concentração de ácido fítico.

O desenvolvimento de WOF é um fator limitante na validade do alimento, pois caracteriza o desenvolvimento de aromas oxidados em carnes cozidas refrigeradas, em que a rancidez torna-se aparente dentro de 48 h sob refrigeração (CANAN, 2010).

O ácido fítico inibe a formação de aroma de requentado ou warmed-over flavor (WOF) em produtos alimentícios, devido à formação de quelatos de ferro inativos cataliticamente. Os íons Fe^{2+} que catalisam a formação de WOF em carnes são provenientes da mioglobina que, nos processos de cozimento e trituração, é parcialmente destruída

liberando Fe^{2+} . Esta habilidade de formação de quelatos de ferro permite ao AF ser mais efetivo na inibição de WOF quando comparado a outros agentes quelantes (FILGUEIRAS et al., 2009). Portanto, o ácido fítico aplicado como antioxidante atuou como quelante dos íons Fe^{2+} e impediu a sua ação como catalizador da oxidação lipídica, desta forma, recomenda-se a adição de ácido fítico durante o preparo da linguiça de frango para impedir o desencadeamento das reações oxidativas.

Os resultados encontrados tanto para a oxidação lipídica quanto para o aroma de requeijado (WOF), destacam o ácido fítico como o melhor e mais potente antioxidante utilizado dentre os mencionados no estudo conforme a vida de prateleira da linguiça de frango. Esse fato é atribuído devido a sua utilização purificado ($\geq 90\%$ de pureza), sendo este livre de impurezas ou qualquer outra substância que possa vir a interferir nos resultados das análises.

A pesar dos benefícios econômicos e nutricionais e da eficiência do farelo de arroz como antioxidante, seus valores não são tão bem pronunciados durante a vida útil da linguiça de frango explicam-se por este ser um subproduto do beneficiamento do arroz, possuindo uma composição variada, além de apresentar um elevado conteúdo lipídico que pode levar o produto a rancificação mais rápida, sendo esse fator um inconveniente para sua utilização, podendo comprometer a qualidade do produto final.

Estudos mostram sérias dificuldades da utilização do farelo de arroz, dada a sua característica de acidificar-se em poucas horas, o que causa a sua deterioração, devido a sua alta suscetibilidade à rancificação, especialmente pela presença da lipase, enzima que necessita ser inativada (LACERDA et al., 2010; MORO et al., 2004). No entanto, a aplicação do calor é o método mais seguro e eficiente para manter a qualidade e o alto valor industrial, uma vez que as enzimas lipolíticas e oxidativas, os micro-organismo e os agentes tóxicos naturais no farelo são termicamente lábeis (JÚNIOR et al., 2009). A extrusão termoplástica é o método tradicional para estabilização do farelo de arroz, promove a inativação destas enzimas, proporcionando maior vida de prateleira ao produto (LACERDA et al., 2010).

5.4 DETERMINAÇÃO DE COR NA LINGUIÇA DE FRANGO

A cor é o primeiro estímulo percebido pelo consumidor ao adquirir ou rejeitar um produto alimentício. Possui, portanto altíssima força de decisão, levando até mesmo ao esquecimento momentâneo das características nutricionais do produto. Medidas instrumentais

de cor são realizadas comumente através de calorímetros e espectrofotômetros, em equipamentos como Minolta e Hunter MiniScan. Esses equipamentos iluminam a amostra de carne com uma fonte controlada e medem a quantidade de luz refletida em diferentes comprimentos de onda (400-700nm). A partir dos dados de luz refletida por comprimento de onda, os valores da cor da amostra de carne são calculados de acordo com escalas tridimensionais de cor (BERNARDES et al., 2001).

Segundo Olivo (2006), as cores presentes na natureza dependem ou são gerados por pigmento. Originalmente, a luz natural não possui cor, mas o feixe luminoso ao incidir em um objeto, reflete as sete faixas de cores existentes. Os pigmentos presentes irão absorver determinadas faixas e refletir outras. As tonalidades percebidas pela visão humana compreende aquelas cores situadas dentro das faixas refletidas pelos pigmentos existente no objeto. Desta forma a cor observada na superfície da carne é o resultado da absorção seletiva dos comprimentos de onda da luz, pelos pigmentos heme e pelas fibras cárneas.

Segundo Ferrão et al. (2010) quando ocorre a oxidação lipídica os pigmentos heme (mioglobina e hemoglobina) também oxidam, em um sistema unido de reações lipídio-pigmento, o resultado é uma mudança na cor.

A análise instrumental em cor segundo o sistema Cielab fornece informações numéricas sobre a qualidade e possíveis alterações de cor que a mesma possa sofrer ao longo do período de armazenamento (PEREIRA, 2009).

Os resultados obtidos para L^* (luminosidade), a^* cor vermelha para valores positivos e verde para valores negativos, e b^* cor amarela, essa tonalidade encontra-se presente na amostra, em maior intensidade, quanto maior for o valor de b^* , medidos na superfície do diferente tratamento das linguças de frango estão apresentados nas Tabelas 7,8 e 9 respectivamente, cada tabela demonstrando as análise dos diferentes tratamentos do 1º dia, 3º dia e 5º dia.

Segundo Barbosa et al. (2006), o L^* define a claridade da cor, em que o valor 0 indica cor totalmente preta e o 100 totalmente branca; a^* indica a tonalidade vermelha. Esse número, quando positivo, indica a existência de maior teor de pigmentos vermelhos, já quando negativo aponta a inexistência destes. O b^* refere-se à tonalidade amarela. Essa tonalidade encontra-se presente na amostra, em maior intensidade, quanto maior for o valor de b^* . Quando os valores das escalas a^* e b^* estiverem próximos de 0, indicarão que a amostra apresenta uma cor próxima à neutralidade.

De acordo com Olivo (2006), a cor observada na superfície das carnes e produtos cárneos, é resultado da absorção seletiva pela mioglobina, provocada pela destruição da luz que emerge da carne.

Os valores de L* (luminosidade) na superfície das linguiças de frango em todos os tratamentos não variam muito conforme (Tabela 9). A média dos valores de L* monitorados no período de 5 dias apresentaram coloração intermediária, sendo que numericamente os valores encontrados ficaram muito próximo em dias diferentes, isso indica que os diferentes tratamento não influenciaram na luminosidade das linguiças.

Após o 5º dia de produção da linguiça, na análise de cor, notou-se que no ensaio 1 (sem antioxidante) ocorreu redução nos valores de L* em relação aos dias anteriores de análise. O mesmo ocorreu com o ensaio 3 adicionado de 150 mg de farelo de arroz. Teoricamente essa redução indica que a carne esta mais escura.

A cor da carne está relacionada com as fibras musculares, o pigmento mioglobina e a hemoglobina presente no sangue. Estas duas substâncias são proteínas associadas ao ferro e têm a possibilidade de reagir com oxigênio, alterando a cor da carne (VENTURINI et al., 2007).

Tabela 9: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para os valores de L* (luminosidade) da linguiça de frango.

Ensaio	Ácido Fóico	Farelo de arroz	L* (1º dia)*	L* (3º dia)*	L* (5º dia)*
1	-1 (0mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	59,980± 0,743	56,856±0,924	54,870±0,138
2	1 (150mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	60,896±3,638	60,023±2,339	59,660±1,431
3	-1 (0mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	59,093 ±0,962	58,990±2,885	54,933±0,305
4	1 (150mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	59,390±0,160	58,316±1,047	59,830±0,727
5	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	59,840±1,788	59,296±2,926	57,323±2,625
6	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	59,840±1,788	59,296±2,926	57,323±2,625
7	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	59,840±1,788	59,296±2,926	57,323±2,625

* média ± desvio padrão

Ao analisar os valores do parâmetro a*, que indica predominância da coloração vermelha para valores positivos, verificou-se que em todas as amostras houve grande variação neste parâmetro, o que já era esperado por se tratar de linguiça de frango, pois este produto é obtido de diversos cortes, o que resulta em uma massa não homogênea. Os valores de a*

mostraram-se baixos, confirmando que as amostras apresentam pouca pigmentação vermelha, por se tratar de linguiça de frango elaborada com peito, coxa e sobrecoxa com pele, contendo menor teor de mioglobina quando comparada com outras carnes. O pigmento heme é fator determinante da oxidação lipídica, onde esta diminuição é altamente correlacionada com a redução do valor a^* , ou seja, da intensidade de cor (POLLONIO, 1984).

Em relação à cor da carne há hipótese de que alguns radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica atuam diretamente sobre os pigmentos, resultando na sua oxidação ou danificando os sistemas de redução do pigmento (LIU et al., 2005).

No entanto o 5º dia ocorreu um aumento da cor vermelha a^* , conforme (Tabela 10), isso pode ser explicado pela cura que é o resultado da adição dos chamados sais de cura, ou seja, cloreto de sódio misturado com nitrato e nitrito. Estes sais reagem com os componentes da carne ocasionando coloração, sabor e aroma característicos (VAZ, 2005).

Tabela 10: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para os valores cor em relação ao parâmetro a^* da linguiça de frango.

Ensaio	Ácido Fólico	Farelo de arroz	a^* (1º dia)*	a^* (3º dia)*	a^* (5º dia)*
1	-1 (0mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	1,023±0,392	1,193±0,347	4,763±0,525
2	1 (150mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	2,243±1,140	2,200±0,294	2,366±0,095
3	-1 (0mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	2,560±0,017	2,470±0,017	4,783±0,092
4	1 (150mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	1,903±0,590	1,030±0,223	2,200±0,121
5	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	1,682±0,952	1,723±0,684	3,028±2,004
6	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	1,682±0,952	1,723±0,684	3,028±2,004
7	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	1,682±0,952	1,723±0,684	3,028±2,004

* média ± desvio padrão

A Tabela 11 ilustra os valores de b^* que apresentaram superior aos valores de a^* o que indica maior intensidade do componente de cor amarelo e conseqüentemente indicando produto com cor parda e esbranquiçada, correspondente a coloração da linguiça de frango, já conhecida pelos consumidores. Estas médias foram semelhantes para todos os tratamentos nos diferentes dias o que indica que adição do antioxidante não interferiu na oxidação da cor das amostras. Os níveis de oxidação da cor mantiveram-se estáveis na maior parte do período experimental, indicando por ação sobre a oxidação do pigmento heme que é responsável pela coloração da carne.

Normalmente, a superfície da carne exposta ao oxigênio é vermelho brilhante porque a mioglobina está oxigenada, mas pode ocorrer deterioração dessa cor durante o armazenamento e exposição à luz devido à oxidação de pigmentos e de lipídios, que podem alterar o grupo heme e iniciar a oxidação da mioglobina, que causa a perda de cor da carne (LYNCH et al., 1999).

A manutenção da coloração das linguiças durante o período analisado também pode ser associado à qualidade da carne utilizada na obtenção deste produto. Carnes que se apresentarem qualidade microbiológica e/ou físico-química alterada podem desencadear aceleração na oxidação do pigmento heme e desnaturação da mioglobina (OLIVO, 2006).

Segundo Pereira (2009), em produtos cárneos, o esverdeamento é uma das principais cores indesejáveis, sendo um indicativo que o produto sofreu graves alterações na sua qualidade, sejam estas de ordem físico-química ou microbiológica. Nessas condições além do produto não ser atrativo torna-se impróprio para o consumo.

Tabela 11: Delineamento fatorial completo com variáveis independentes e respostas experimentais para os valores cor em relação ao parâmetro b* da linguiça de frango.

Ensaio	Ácido Fóico	Farelo de arroz	b* (1° dia)*	b* (3° dia)*	b* (5° dia)*
1	-1 (0mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	10,686±1,129	9,056±0,798	11,113±11,113
2	1 (150mg/Kg)	-1 (0mg/Kg)	13,500±1,883	13,660±1,470	11,833±0,136
3	-1 (150mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	11,210±0,672	11,660±1,754	10,806±0,457
4	1 (150mg/Kg)	1 (150mg/Kg)	10,553±1,010	10,900±1,806	10,060±0,631
5	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	11,487±1,638	11,319±2,152	10,953±0,763
6	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	11,487±1,638	11,319±2,152	10,953±0,763
7	0 (50mg/Kg)	0 (50mg/Kg)	11,487±1,638	11,319±2,152	10,953±0,763

*média± desvio padrão

Com a análise de cor, os processadores podem, com a sua matéria-prima disponível, determinar qual melhor aplicação da mesma, a fim de obter distintos produtos dentro de seus requerimentos de qualidade (OLIVO, 2006).

A oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica, assim como, os radicais livres produzidos durante esse processo podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, alterando a cor do produto cárneo (SELANI, 2010)

Na literatura encontra-se com maior frequência informações relativas a análises e padrões de cor L*, a*, b* em músculos íntegros e outros tipos de produtos industrializados (PEREIRA, 2009). Não foram encontrados na literatura informações que definam um padrão de cor L*, a*, b* em linguiça de frango em condições iguais ou similares ao utilizados neste projeto.

5.5 ANÁLISE SENSORIAL

O grau de aceitabilidade de um alimento por parte dos consumidores é afetado por fatores inerentes ao próprio indivíduo e ao meio ambiente que o circunda. A preferência por um produto está ligada aos hábitos e padrões culturais, além da sensibilidade individual, idade, a fidelidade a determinadas marcas, a higiene e o local de consumo, o tipo e o número de acompanhantes, entre outros aspectos (MARENGONI et al., 2009).

Os resultados do teste de aceitação com o uso de escala hedônica foram tratados estatisticamente por meio de um teste de análise de variância (ANOVA), para verificar a homogeneidade entre os julgadores, e se houve diferença significativa entre as amostras, para que os julgadores atribuíssem uma nota aos atributos dos diferentes tratamentos.

A análise de variância, em suma, compara vários tratamentos simultaneamente, para verificar se as diferenças neles encontradas significam que esses tratamentos foram ou não retirados de uma mesma população (QUEIROZ et al., 2006). Sendo este um estudo considerado de fácil compreensão por se tratar de julgadores não treinados.

O teste de aceitação com escala hedônica de nove pontos foi realizado para atribuir uma nota às formulações com diferentes concentrações de ácido fólico, farelo de arroz e sem adição deste antioxidante, avaliando os atributos de odor, textura, sabor e impressão geral com o intuito de verificar se ocorreu oxidação lipídica pelo congelamento de 55 dias nos diferentes tratamentos da linguiça de frango, apresentado os resultados conforme Tabela 12 de análise de variância.

Tabela 12: Resultado da análise de variância para os teste de aceitação

Efeito	GL	Erro	F	P
Interpretação	4	233,0000	5368,655	0,000000
Julgador	236	933,3040	2,119	0,000000*
Amostra	16	712,4644	1,714	0,039528*

* diferença significativa ($p \leq 0,05$).

A Tabela 12 mostra que houve diferença significativa entre os julgadores e as amostras, mas os julgadores por não serem treinados a variação significativa ($p \leq 0,05$) entre eles é justificada. A Tabela 13, 14, 15 e 16 apresenta o Teste de Tukey que permite visualizar as diferenças entre os atributos avaliados.

Tabela 13: Resultado do Teste de Tukey para o atributo odor.

Ensaio	Amostras	1 (7,300)*	2 (7,520)*	3 (7,320)*	4 (7,320)*	5 (7,740)*
1	189		0,812869	0,998840	0,991566	0,660381
2	321	0,812869		0,716361	0,602354	0,996428
3	456	0,999978	0,860392			0,485205
4	533	0,999978	0,860392	0,999767	0,999767	0,374243
5	780	0,188806	0,812869	0,485205	0,374243	

Tabela 14: Resultado do Teste de Tukey para o atributo textura

Ensaio	Amostras	1 (6,950)	2 (7,666)	3 (7,400)	4 (7,333)	5 (7,450)
1	189		0,002840*	0,155509	0,300470	0,086319
2	321	0,002840*		0,663769	0,446604	0,810914
3	456	0,155509	0,663769		0,997263	0,999114
4	533	0,300470	0,446604	0,997263		0,976927
5	780	0,086319	0,810914	0,999114	0,976927	

* indica que houve variação significativa ($p < 0,05$) entre os efeitos.

Tabela 15: Resultado do Teste de Tukey para o atributo sabor.

Ensaio	Amostras	1 (7,333)	2 (7,333)	3 (7,400)	4 (7,183)	5 (7,583)
1	189		0,281076	0,997500	0,947490	0,733328
2	321	0,281076		0,470956	0,052811	0,947490
3	456	0,997500	0,470956		0,823647	0,896011
4	533	0,947490	0,052811	0,823647		0,281076
5	780	0,733328	0,947490	0,896011	0,281076	

Tabela 16: Resultado do Teste de Tukey para o atributo impressão geral

Ensaio	Amostras	1 (7,316)	2 (7,683)	3 (7,516)	4 (7,266)	5 (7,700)
1	189		0,244283	0,798325	0,998678	0,203746
2	321	0,244283		0,885433	0,137078	0,999983
3	456	0,798325	0,885433		0,631096	0,844971
4	533	0,998678	0,137078	0,631096		0,110593
5	780	0,203746	0,999983	0,844971	0,110593	

Conforme as tabelas apresentadas anteriormente pode-se identificar através do Teste de Tukey que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os atributos de odor, sabor e impressão geral com diferentes concentrações dos antioxidantes utilizados, apenas houve diferença significativa quanto à textura ($p \leq 0,05$) (Tabela 14). Esta diferença foi identificada entre as amostras 189 na qual foram adicionadas 150 mg de ácido fítico e 321 sem adição de antioxidante, isso pode ser explicado pela menor suculência, apresentou durante o fatiamento

textura quebradiça, podendo reforçar que a linguiça possuía pouco gordura em sua formulação e que os demais tratamentos foram adicionados de farelo de arroz que possui grande quantidade de amido que atua como agente espessante proporcionando maior fatiabilidade e por sua vez, melhorando a textura (BARBOSA et al., 2006).

Os sabores oxidados são prontamente detectáveis depois de 48 horas, em contraste com o ranço, que se desenvolve mais lentamente, e fica evidente somente depois de prolongado armazenamento sobre congelamento (FILGUEIRAS et al., 2009).

Pode-se afirmar com este estudo, que tanto o ácido fítico purificado quanto o farelo de arroz, não modificaram o sabor e odor da linguiça de frango, atributos determinantes para aquisição e aceitabilidade do produto pelos consumidores, quando empregados em conjunto com matéria-prima de boa qualidade. Outro ponto importante que resultou do estudo foi a inibição da oxidação lipídica pelo antioxidante natural, tendo em visto que as linguiças de frango ficaram congeladas por 55 dias e mantiveram suas características adequadas ao produto (SELANI, 2010).

Os íons Fe^{2+} que catalisam a formação de *warmed-over flavour* (WOF) em carnes são provenientes da mioglobina que, nos processos de cozimento e trituração, é parcialmente destruída liberando Fe^{2+} . Esta habilidade de formação de quelatos de ferro permite ao ácido fítico ser mais efetivo na inibição de WOF quando comparado a outros agentes quelantes (FILGUEIRAS et al., 2009).

A propriedade antioxidante ou quelante do AF torna-o um composto único e versátil como aditivo de alimentos e rotineiramente empregado em vários países para prevenir a descoloração, melhorar a qualidade nutricional e prolongar a validade dos produtos. O potencial antioxidante do ácido fítico foi confirmado por vários autores, principalmente em produtos cárneos. Entretanto, não há descrições na literatura sobre o mecanismo de ação do ácido fítico como antioxidante por meio de ensaios específicos (PACHECO, 2010).

O teste de escala hedônica de nove pontos usada para avaliar a aceitação dos julgadores em relação às diferentes formulações de linguiça de frango demonstrou que houve uma ótima aceitação do produto, adicionado dos antioxidantes estudados neste projeto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As determinações realizadas na linguiça de frango permitiram a obtenção de resultados importantes quanto ao comportamento dos antioxidantes naturais adicionados.

Os resultados obtidos comprovam que a atividade antioxidante do ácido fítico foi efetiva na redução das alterações oxidativas da linguiça de frango durante a vida de prateleira.

A utilização do ácido fítico purificado proporcionou uma diminuição na velocidade da oxidação lipídica e aroma de requentado (WOF) da linguiça de frango durante o período de armazenamento. Embora o farelo de arroz também possua propriedades antioxidantes, seus benefícios não tão efetivos podem ser atribuídos a sua composição rica em ácidos graxos que podem conduzir o alimento a rancificação mais rápida, ao contrário do ácido fítico, que foi utilizado purificado.

Os antioxidantes farelo de arroz e ácido fítico demonstraram números de TBARS baixos, e aumento progressivo destes números durante a vida de prateleira das linguiças de frango. No período final, ou seja, no último dia de análise verificou um pequeno decréscimo dos números de TBA, tanto para a oxidação lipídica, como para o aroma de requentado, com exceções para alguns tratamentos.

Na análise da cor para os parâmetros L^* , a^* e b^* os antioxidantes naturais farelo de arroz e ácido fítico não interferiram na cor da linguiça de frango. De forma geral, a adição do ácido fítico e farelo de arroz não alterou o valor de L^* , redução da intensidade de cor vermelha (menor valor de a^*) e não influenciou a intensidade de coloração amarela (valor de b^*) das formulações de linguiça de frango, isso mostra que a aplicação deste antioxidante natural não alterou as características de cor do produto em 5 dias de armazenamento sob refrigeração.

As médias das notas atribuídas ao odor, sabor e impressão geral das linguiças de frango, durante um período de armazenamento de 55 dias sob congelamento não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, somente o atributo textura diferiu significativamente a 5% isso devido à menor suculência. No entanto, todas as formulações indicaram uma ótima aceitabilidade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 4.ed. Viçosa, MG: UFV, 2008.

ALVES, Elizângela. **Atividade antioxidante de extrato de própolis comercializados em Santa Maria – RS e aplicados em linguça toscana refrigerada**. 2009. 69f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2009.

BARBOSA, Lisiane das N.; GARCIA, Lisiane de V.; TOLOTTI, Karen D.; GOELLNER, Tuanny; RUIZ, Walter A.; SANTO, Milton E. 2006. **Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz**. Disponível em: <
www.seer.furg.br/ojs/index.php/vetor/article/.../290/82 >. Acesso em: 15 nov. 2011.

BERNARDES, L. A. H.; PRATA, L. F. 2001. **Principais Métodos de Determinação de Qualidade da Carne**. 2001. Disponível em:
http://www.beefpoint.com.br/bn/sic/artigo.aspx?id_artigo=2264, 2001, Acesso em: 14 nov. 2011.

BIANCH, Maria de L.P.; ANTUNES, Lusânia Maria G. Radicais Livres e os Principais Antioxidantes da Dieta. **Revista Nutrição**, v. 12, n.2, p. 123-130, Campinas, 1999.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguça e de Salsicha. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 de abril de 2000.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico: “Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos”, constante no Anexo desta Portaria. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 de dezembro de 1998.

BRESSAN, Maria C.; BERAQUET Nelson J. Efeito de fatores pré-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.5, p.1049-1059, Lavras, 2002.

BRESSAN, Maria C.; PEREZ, J. R. O. **Tecnologia de Carnes e Pescado**. Lavras: UFLA/FAEPE, Textos acadêmicos, 2001. 240 p.

BRUM, Eduardo B. de. **Antioxidante Natural de Marcela (*Achyrocline satureioides*) e de Erva Mate (*Ilex paraguariensis*) na elaboração de Linguiça Toscana.** 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2484>. Acesso em: 26 abr. 2011.

CAMPAGNOL, Paulo C. B. **Cultura de *starter* produzida em meio de cultura de plasma suíno e antioxidante natural na elaboração do salame.** 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=792>. Acesso em: 10 abr. 2011.

CAMPOS, M. A. P. Perspectivas do uso de aditivos em alimentos: os antioxidantes. **Revista Nacional da Carne**, n. 227, jan. 1996.

CANAN, Cristiane. **Purificação do ácido fítico do farelo de arroz: propriedades antioxidantes e aplicação em produtos cárneos.** 2010. 168 f. Tese (Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=19487>. Acesso em: 24 mai. 2011.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto de. **Metodologia Científica.** 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHIATTONE, Priscila V. **Ácido ascórbico, eritorbato e mistura comercial na redução da oxidação de hambúrguer bovino processado com água ozonizada.** 2010. 124 f. Tese (Doutora Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em: <www.dcta.create.inf.br/.../DOUT_PRISCILA_VACONCELLOS_CHIATTONE.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2011.

COSTA, Mara C. R. da. **Farelo de Gérmen de Milho Desengordurado na Alimentação de Suínos como Fonte de Ácido Fítico.** 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?view=vtls000107319>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

CRACKEL, R.L.; GRAY, J.I.; BOOREN, A.M.; PEARSON, A.M.; BUCKELY, D.J. Effect of antioxidants on lipid stability in restructured beef steaks. **Journal of Food Science**, v.53, n.2. p.656, 1988.

CÚNEO, Florencia; AMAYA-FARFAN, J.; CARRARO, F. Distribuição de fitatos em farelo de arroz estabilizado e tratado com fitase exógena. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, Campinas, 2000.

DE CARLI, Ligia; ROSSO, Neiva D.; SCHNITZLER, Egon; CARNEIRO, Paulo I. B. Estudo da Estabilidade do complexo Ácido Fítico e o ÍON Ni(ii). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.1, p.19-26, Campinas, 2006.

DOSSIÊ, Antioxidantes. Os antioxidantes. **Revista Food Ingredients Brasil**, n.6. 2009.

DUARTE, Marjorie T. **Avaliação do teor de nitrito de sódio em linguças do tipo frescal e cozida comercializadas no estado do rio de janeiro, Brasil**. 2010. 87 f. Pós-Graduação (Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) - Universidade Federal Fluminense, 2010. Disponível em: <www.uff.br/higiene_veterinaria/teses/marjore.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2011.

ELLIS, R.; MORRIS, E.R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**, v.63, p.58-59, 1986.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de Metodologia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

FERRÃO, Tassiane dos S.; MACAGNAN, Fernanda T.; BRUM, Fabrício B.; SILVA, Leila P. da. **Aplicação de extrato de farelo de arroz como antioxidante em hambúrguer bovino**. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/3.2.11_Aplic.pdf>. Acesso em: 17. nov. 2011.

FILGUEIRAS, Cristina T.; SOARES, Adriana L.; SHIMOKOMAKI, Massami; IDA, Elza I. Avaliação da atividade antioxidante do ácido fítico de germe de milho. **Química Nova**, v.32, n.7, p.1787-1791, Londrina, 2009.

FUKUJI, Tatiana S.; FERREIRA, Diogo L.; SOARES Adriana L.; PRETE, Cássio E. C.; IDA, Elza L. Ácido Fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n. 1, p.31-35, 2008.

MARENGONI, Niltom G.; POZZA, Magali S. dos S.; BRAGA, Gilberto C.; LAZZERI, Douglas B.; CASTILHA, Leandro D.; BUENO, Guilherme W.; PASQUETTI, Tiago J.; POLESE, Clauber. Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de fishburgers de carne tilápia mecanicamente separada. **Revista Brasileira Saúde Prod. An.**, v.10, n.1, p.168-176, jan/mar, 2009

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.
HONIKEL, Karl O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, n.4, p.447-457, 1998.

HARBACH, Ana Paula R.; COSTA, Mara C. R.; SOARES, Adriana L.; BRIDI, Ana M.; SHIMOKOMAKI, M.; SILVA, Caio A. da; IDA, Elza I. 2007. Dietary corn germ containing phytic acid prevents pork meat lipid oxidation while maintaining normal animal growth performance. **Food Chemistry**, 100, 1630–1633.

HEISLER, Greice E. R.; ANTÔNIO, Graziela de A.; MOURA, Renata S.; MENDONÇA, Carla R. B.; GRANADA, Grazielle G. Viabilidade da substituição da farinha de trigo pela farinha de arroz na merenda escolar. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 299-306, Araraquara, 2008.

HELBIG, Elizabete; BUCHWEITZ, Márcia R. D.; GIGANTE, Denise P. Análise dos teores de ácidos cianídrico e fítico em suplemento alimentar: multimistura. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 3, Campinas, 2008.

IGENE, J. O; and PEARSON, M. A. Role of phospholipids and triglycerides in warmed-over flavor development in meat model systems. **Journal of Food Science**. v.44, p.1285, 1979.

JÚNIOR, Manoel S. S; BASSINELLO, Priscila Z.; LACERDA, Diracy B. C. L.; KOAKUZU, Selma N.; GEBIN, Pedro F. C.; JUNQUEIRA, Thaís de L.; GOMES, Vinícius A. Características físicas e tecnológicas de pães elaborados com farelo de arroz torrado. **Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 815-828, Londrina, 2008.

JÚNIOR, Manoel S. S.; BASSINELLO, Priscila Z.; CALIARI, Márcio; GEBIN, Pedro F. C.; JUNQUEIRA, Thaís L. de.; GOMES, Vinícius A.; LACERDA, Diracy B. C. L. Qualidade de pães com farelo de arroz torrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 636-641, Campinas, 2009.

KUFNER, Danny E. **Atividade antioxidante do extrato aquoso de Manjerona (*Origanum majorana* L.), em linguiça frescal de Frango**. 2010. 56f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Programa de Mestrado em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim, 2010. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp125916.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

LACERDA, Diracy B. C. L.; JÚNIOR, Manoel S. S.; BASSINELLO, Priscila Z.; CASTRO, Maiza V. L. de; SILVA-LOBO, Valácial L.; CAMPOS, Maria R. H.; SIQUEIRA, Beatriz dos S. Qualidade de Farelос de Arroz Cru, Extrusado e Parboilizado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 521-530, Goiânia, 2010.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia Científica**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1986.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid calorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, p.1313-1315, 1980.

LAZZARI, Elisa N. **Análise de ácido fítico e minerais nos processos de maceração e cocção da soja**. 2006. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006. Disponível em: <www.cipedy.com/Web/FileDownload.aspx?IDFile=159624>. Acesso em: 02 abr. 2011.

LIU, Q.; LANARI, C.; SCHAEFER, D.M. A review of dietary vitamin e supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**. v. 73, p.3131-3140, 1995.

LYNCH, M.P.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D.J.; FAUSTMAN, C.; MORRISSEY, P.A. Effect of dietary vitamin E supplementation on the color and lipid stability of fresh, frozen and vacuum-packaged beef. **Meat Science**, v.52, p. 95-99, 1999.

MARIUTTI, Lilian R. B.; BRAGAGNOLO, Neura. 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 Instituto Adolfo Lutz**, v.68, n.1, São Paulo, 2009.

MARIUTTI, Lilian R. B.; BRAGAGNOLO, Neura. Revisão: Antioxidantes Naturais da Família Lamiaceae. Aplicação em Produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.10, n.2, p.96-103, 2007.

MESSIAS, Karina L. da S. Os antioxidantes. **Foods Ingredients Brasil**, n.6, p.16, 2009.

MOREIRA, Joerley; MENDES, Ariel A.; GARCIA, Edivaldo A.; OLIVEIRA, Ricardo P. de; GARCIA, Rodrigo G.; ALMEIDA, Ibiara C. L. Avaliação de Desempenho, Rendimento de Carcaça e Qualidade da Carne do Peito em Frangos de Linhagens de Conformação versus Convencionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1663-1673, 2003.

MORO, Janaína D.; ROSA, Claudia S. da; HOELZEL, Solange C. da S. M. Composição centesimal e ação antioxidante do farelo de arroz e seus benefícios a saúde. **Disciplinarum Scientia**, Série: Ciências da Saúde, v. 4, n. 1, p. 33-44, Santa Maria, 2004.

OLIVO, Rubison. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma, SC: Ed. do autor, 2006.

PACHECO, Graziela D. **Efeito do ácido fítico dietético e da enzima fitase em suínos na fase de terminação e ação do ácido fítico sobre a integridade epitelial das células IPEC 1.** 2010. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010. Disponível em: <<http://189.90.64.145/document/?code=vtls000155514>>. Acesso em: 02 abr. 2011.

PADILHA, Ana D. G. **Antioxidante natural de erva mate na conservação da carne de frango *in vivo*.** 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007. Disponível em: <biblioteca.universia.net/.../antioxidante-natural-erva-mate-na-conservacao-da-carne-frango.../30131816.html>. Acesso em: 21 mai. 2011.

PARDI, Miguel C., SANTOS, Iacir F. dos; SOUZA, Elmo R. de; PARDI, Henrique S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne.** Niterói, RJ: EDUFF, 1996, 1110p.

PEREIRA, Ana L. F.; VIDAL, Tatiana F.; TEIXEIRA, Marcílio C.; OLIVEIRA, Patrícia de F.; VIEIRA, Maria M.; ZAPATA, Jorge F. F.; POMPEU, Roberto C. F. F.; FREITAS, Ednardo R. Estabilidade oxidativa de mortadelas contendo extrato da casca da manga (*Mangifera indica* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.13, n.4, p.293-298, Campinas, 2010.

PEREIRA, Marlene G. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave.** 2009. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp089147.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

PESTANA, Vanessa R.; MENDONÇA, Carla R. B.; ZAMBIAZI, Rui C. Farelo de arroz: características, benefícios à saúde a aplicações. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 29-40, Curitiba, 2008.

POKORNY, Jan; YANISHLIEVA, Nedyalka; GORDON, Michael. **Antioxidantes de los alimentos:** Aplicaciones prácticas. Editorial Acribia, S.A. – Zaragoza (Espanã), 2001.

POLLONIO, M.A.R. **Estudos das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares e oxidação lipídica de carne de frango mecanicamente desossada.** 1994. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Campinas, Campinas. 1994. Disponível em: www.fea.unicamp.br/~site/index.php/documento/26. Acesso em: 17. nov.2011.

QUEIROZ, Anelise M. P. de. **Efeito do tripolifosfato de sódio sobre as características microbiológicas, físico-químicas, e vida-de-prateleira em lingüiça frescal de frango.** 2006. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Veterinárias) - Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6758/000534693.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 09 out. 2011.

QUEIROZ, Maria I. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos.** Rio Grande: Ed. da FURG, 2006.

QUIRRENBACH, Hanna R. **Determinação das constantes de estabilidade, síntese e caracterização dos complexos de ácido fítico com os íons de Fe (II) e Fe (III).** 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação *Strictu Senso*, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007. Disponível em: <http://www.bicen-tede.uepg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=50>. Acesso em: 15 abr. 2011.

ROCHA, Júlio. Mantendo o frescor naturalmente. **Revista Food Ingredients Brasil**, n. 4. 2008. Disponível em: <www.revista-fi.com/materias/56.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2011.

ROSA, Simone S. **Genética dos teores de fósforo e de zinco em sementes de feijão.** 2009. 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), 2009. Disponível em: <http://coralx.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2731>. Acesso em: 25 mai. 2011.

ROSSET, Michele. **Distribuição de Ácido Fítico e Minerais durante o Processamento de Extrato Hidrossolúvel de Soja e Tofu.** 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp033335.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2011.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia Científica.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 1990.

SILVA, Aline da.; PEREIRA, Tâmara; COELHO, Cileide M. M.; ALMEIDA, Jaime A. de.; SCHMITT, Catiline. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta. Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.147-152, Maringá, 2011.

SILVA, Erica M. M. da. **Produção de macarrão pré-cozido a base de farinha mista de arroz integral e milho para Celíacos utilizando o processo de extrusão.** 2007. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/posgrad/ppgcta/tesesdissertacoes/dissertacoes/D-248.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2011.

SILVA, Franciele C.; RIBEIRO, Rita de C.; CHAVES, Andréa Carla L.; **Radicais Livres e Antioxidantes: Concepções e Expectativas dos Professores do Ensino Médio.** 2009. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/389.pdf>>. Acesso em: 01 Jun. 2011.

SILVA, Francisco A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, Margarida A. Método de avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SILVA, Leonardo P. **Avaliação do prazo de vida comercial de linguiça de frango preparada com diferentes concentrações de polifosfato.** 2004. 74f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Centro de Ciências Médicas, Niterói, RJ, 2004. Disponível em: <http://www.uff.br/higiene_veterinaria/teses/leonardo_silva_completa_mestrado.pdf>. Acesso em: 10 out. 2011.

SELANI, Miriam M. **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento.** 2010. 101 f. Dissertação (Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2010. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/.../Miriam_Selani.pdf. Acesso em: 19 nov. 2011.

SOARES, A.L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E.I. Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavor development in chicken breast meat, Pectoralis major, M. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.1, p.57-62, 2004.

SOUZA, I. S.; BRAZACA, S. G. C.; BOLIANI, E.; AGUIAR, M. R. **Diferentes adubações de fósforo e teor de ácido fítico em arroz integral.** Escola Superior da agricultura “Luiz de Queiroz”, Faculdades Integradas Einstein de Limeira, Universidade de São Paulo, Limeira, SP, [20--]. Disponível em: <<https://sistemas.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=3040&numeroEdicao=18>>. Acesso em: 23 abr. 2011.

SHIMOKOMARI, Massami; OLIVO, Rubison; TERRA, Nelcindo N.; FRANCO, Bernadette D. G. de M.; **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Livraria Varela, 2006.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA**: data analysis software system. Version 7.0.

TARLADGIS, B.G.; PEARSON, A. M.; DUGAN, L. R. Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods – II Formation of the TBA – Malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal Science and Food Agriculture**, 15, 602, 1964.

TERRA, Nelcindo; TERRA, Alessandro B. de M.; TERRA, Lisiane de M. **Defeitos nos produtos cárneos**: origens e soluções. Livraria Varela, 2004.

VAZ, Simone K. **Elaboração e caracterização de linguiça fresca “tipo toscana” de tilápia (*oreochromis niloticus*)**. 2005. 113 f. Dissertação (Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/2169/Disserta%20E7ao%20simone%20vaz.pdf;jsessionid=46F2E784A966BDE1E2A6F680C17DE3BA?sequence=1>>. Acesso em: 17. Nov. 2011.

VENTURINI, Katiani S.; SARCINELLI, Miryelle F.; SILVA, Luís C. da. **Características da Carne de Frango**. 2007. Disponível em: http://www.agais.com/telomc/b01307_caracteristicas_carnefrango.pdf.> Acesso em: 30 mai. 2011.

WALTER, Melissa; MARCHEZAN, Enio; AVILA, Luis A. de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1184-1192, Santa Maria, 2008.