

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Tecnologia de Alimentos

**Efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó nos
parâmetros de cor e oxidação lipídica de produto cárneo
emulsionado à base de frango**

Guilherme da Costa Cava
Engenheiro de Alimentos

Profa. Dra. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
Orientadora

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Tecnologia em Tecnologia de Alimentos

Campinas / SP
2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

C313e Cava, Guilherme da Costa
Efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó nos parâmetros de cor e oxidação lipídica de produto cárneo emulsionado à base de frango / Guilherme da Costa Cava. -- Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Frangos. 2. Embutidos. 3. Antioxidantes. 4. Cor. I.
Pollonio, Marise Aparecida Rodrigues. II. Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Titulo em inglês: Addition effect of rosemary extract and garlic powder on color and lipid
oxidation parameters of a chicken emulsioned product

Palavras-chave em inglês (Keywords): Chickens, Sausages, Antioxidants, Color

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Marise Aparecida Rodrigues Pollonio

Pedro Eduardo de Felício

Renata Maria dos Santos Celeghini

Exedito Tadeu Facco Silveira

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
Orientador

Profa. Dr. Pedro Eduardo de Felício
Membro

Dr. Tadeu Expedito Facco Silveira
Membro

Dra. Renata M. dos Santos Celeghini
Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus por me ajudar sempre.

À minha Família pelo exemplo, apoio e atenção.

À professora Marise A. Rodrigues Pollonio pela orientação para o desenvolvimento deste mestrado.

À CAPES pelo Financiamento desta pesquisa.

Ao Frigorífico Martini pelo patrocínio e auxílio técnico no processamento e desenvolvimento do produto de estudo.

À Padaria da FEA pelo auxílio durante os experimentos.

À Judite Lapas Guimarães, José Roberto dos Santos, Michele Nunes Lima, do Laboratório de Carnes e Derivados pelo suporte na execução do mestrado.

À Professora Maria Isabel Rodrigues, a Renata Celeghin, Professor Pedro Eduardo de Felício pelo apoio durante a execução deste trabalho.

À Andrea Troller, Andrea Barreto, Renata Torrezan e Raquel Manhani pelo valoroso convívio e pelo que aprendi.

Aos meus amigos de Mestrado Vanessa, Luciana Esper, Luciana Fontes, Luciene, Cláudio, Milena, Daniela, Sérgio, e tantos outros colegas que levam minha admiração.

Aos meus amigos de sempre César, Estevon, Peterson, Kazuo, Patrícia Pedroso, Ricardo Rocha, e muitos outros que muito me ajudaram.

Dedico este trabalho
à minha família pela atenção, confiança e amor.

“At first people refuse to believe that a strange new thing can be done, then they begin to hope it can be done, then they see it can be done – then it is done and all the world wonders why it was not done centuries ago”

Frances Hodgson Burnett

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
ÍNDICE DE EQUAÇÕES	xxii
RESUMO.....	xxiii
ABSTRACT	xxv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Características físico químicas da carne de frango	5
3.2. Embutidos cárneos.....	6
3.3. A formação e importância da cor em carne e produtos cárneos.	12
3.3.1. Propriedades da cor da carne <i>in natura</i>	12
3.3.2. Formação da cor em carnes e produtos cárneos curados	23
3.3.3. Avaliação instrumental da cor de produtos cárneos	29
3.3.4. Oxidação lipídica e qualidade de produtos cárneos	32
3.4. Antioxidantes em produtos cárneos.....	35
3.4.1. Antioxidantes naturais.....	40
3.4.2. Alecrim	42
3.4.3. Alho	45
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4.1. Caracterização de mortadelas de frango do mercado	50
4.2. Efeito da adição de alho e alecrim em salsichão de frango curado.....	50

4.2.1. Descrição do alho em pó e extrato de alecrim.....	50
4.2.2. Caracterização da matéria prima do salsichão de frango.....	50
4.2.3. Delineamento experimental para os estudos com salsichão de frango adicionado de extrato de alecrim e alho em pó.	51
4.2.4. Processamento do salsichão de frango adicionado de alho em pó e extrato de alecrim	52
4.2.5. Caracterização do salsichão de frango curado e cozido	54
4.3. Avaliação das características microbiológica, oxidação lipídica e coloração de salsichão de frango estocado em câmara Fria.	55
4.3.1. Etapas de fatiamento, embalagem e armazenamento.	55
4.3.2. Avaliação da estabilidade microbiológica durante o tempo de estocagem de salsichão de frango peça inteira, fatiado com ou sem a presença de vácuo.....	57
4.3.3. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica durante o tempo de estocagem do salsichão de frango embalado com ou sem a presença de vácuo.....	58
4.3.4. Acompanhamento da descoloração de salsichão de frango fatiado, embalado com ou sem a presença de vácuo.	58
4.4. Estudo de descoloração de salsichão de frango fatiado estocado em BOD.....	59
4.4.1. Procedimentos de fatiamento, embalagem e armazenamento.	59
4.4.2. Estudo da descoloração de salsichão de frango fatiado e estocado em BOD	61
4.4.3. Estudo da influência da adição de extrato de alecrim e alho em pó sobre a cor de salsichão de frango fatiado e exposto a condições de estresse	62
4.5. Análises realizadas	63
4.5.1. Análises de composição centesimal	63

4.5.2. Determinação de pH	63
4.5.3. Atividade de água	63
4.5.4. Análise sensorial	63
4.5.5. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (determinação do n° de TBARS).....	64
4.5.6. Análise instrumental de cor (experimento em câmara fria e análise das mortadelas)	65
4.5.7. Análise instrumental de cor (experimento em geladeira BOD)	65
4.5.8. Análise estatística dos resultados.....	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5.1. Características físicoquímicas de mortadelas de frango do mercado.....	67
5.1.1. Determinação de pH e atividade de água.....	68
5.1.2. Determinação da cor de mortadelas de frango do mercado.....	70
5.2. Estudo da adição de alho e alecrim em salsichão de frango curado.....	71
5.2.1. Caracterização da matéria prima (coxa e sobre coxa de frango) do salsichão de frango.....	71
5.2.2. Caracterização do salsichão de frango curado e cozido	72
5.3. Avaliação da estabilidade microbiológica de salsichão de frango durante o tempo de estocagem	76
5.3.1. Avaliação da estabilidade microbiológica de salsichão de frango em peça inteira durante o tempo de estocagem.....	76
5.3.2. Acompanhamento da estabilidade microbiológica de um salsichão de frango fatiado a vácuo sob refrigeração	78
5.3.3. Estabilidade microbiológica do salsichão de frango fatiado, embalado com permeabilidade ao O ₂ sob refrigeração.	79
5.4. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica durante o tempo de estocagem do salsichão de frango embalado com filme permeável ou não ao O ₂ ..	80

5.5. Evolução da descoloração de salsichão de frango fatiado e estocado em câmara fria	85
5.5.1. Evolução da descoloração do salsichão de frango, embalado a vácuo, estocado refrigerado, sob iluminação de 1000- 1500 lux.	85
5.5.2. Evolução da descoloração do salsichão de frango em embalagem permeável ao O ₂ , refrigerado, sob iluminação de 1000- 1500 lux.....	90
5.6. Evolução da descoloração de salsichão de frango fatiado e estocado em BOD.....	93
5.6.1. Evolução da descoloração do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD a 7°C, sob iluminação constante de 3000 lux.	93
5.6.2. Evolução da descoloração do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em BOD a 7°C, sob iluminação constante de 3000 lux.....	103
5.7. Efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó sobre a cor de salsichão de frango fatiado e exposto a condições de estresse pré-embalagem.	110
5.8. Considerações gerais sobre os experimentos de acompanhamento da coloração durante o tempo de estocagem.....	112
6. Conclusões	115
7. Referências bibliográficas	117
8. ANEXO I – MEDIDAS DE COLORAÇÃO PARA EXPERIMENTO EM CÂMARA FRIA	135
8.1. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado à vácuo, estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, a* e b*	135
8.2. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado à vácuo, estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, C* e h.....	138

8.3.	Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O ₂ , estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336h) – Parâmetros L*, a* e b* .	139
8.4.	Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O ₂ , estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336h) – Parâmetros L*, C* e h.	141
9.	ANEXO II – MEDIDAS DE COLORAÇÃO PARA EXPERIMENTO EM BOD....	142
9.1.	Estudo com Salsichão de Frango Fatiado, estocado a 7°C, sob iluminação de 3000 lux, embalado filme a vácuo e estocado em BOD.	142
9.2.	Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com vácuo, estocado BOD refrigerada a 7°C com iluminação fria de 3000 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, C* e h.	144
9.3.	Estudo com salsichão de frango fatiado, estocado a 7°C, sob iluminação de 3000 lux, Embalado em filme permeável ao O ₂ e estocado em BOD.....	145
9.4.	Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O ₂ , estocado em BOD refrigerada a 7°C com iluminação fria de 3000 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, C* e h.	147
10.	ANEXO III - Acompanhamento da coloração do salsichão de frango, com ou sem sofrer estresse térmico pré-embalagem, estocado em BOD refrigerada a 7°C.....	149
10.1.	Produto fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C e sob iluminação fria constante de 3000 lux.	149
10.2.	Produto fatiado, embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C e sob iluminação fria constante de 3000 lux.....	151

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de carne de frango e suas partes, por 100 g de parte comestível crua.....	6
Tabela 2 – Conteúdo de proteína total heme, mioglobina e hemoglobina em músculo de frango	16
Tabela 3 – Intervalos das variáveis no planejamento experimental com 2 variáveis	51
Tabela 4 – Ensaio do delineamento composto central rotacionado	52
Tabela 5 - Formulação básica do salsichão de frango	53
Tabela 6 - Cronograma de contagem microbiológica.....	57
Tabela 7 - Cronograma de análises determinação do n° TBARS	58
Tabela 8 - Cronograma de análise instrumental da cor.....	59
Tabela 9 - Cronograma de análises instrumentais de cor.	61
Tabela 10 - Composição centesimal de mortadelas de frango	67
Tabela 11 – Médias e desvio padrão do pH e atividade de água em mortadelas de frango do mercado.....	69
Tabela 12 – Avaliação da cor de mortadela de frango no padrão CIE L*a*b* e L*C*h.....	70
Tabela 13 – Média e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos de coxa e sobre coxa de frango congelada com pele.....	71
Tabela 14 - Composição centesimal do salsichão de frango	73
Tabela 15 - Valores de pH de um salsichão em função do tempo de estocagem .	73
Tabela 16 - Valores de atividade de água de um salsichão em função do tempo de estocagem	74
Tabela 17 - Análise sensorial de aceitação do salsichão de frango fatiado.....	75

Tabela 18 - Estabilidade microbiológico de um salsichão de frango do ponto central contendo 0,5 % de Alho em pó e 0,05 % de extrato de alecrim (Guardian™ 09) em função do tempo de estocagem	77
Tabela 19 – Estabilidade microbiológico de um salsichão de frango da formulação controle sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim (Guardian™ 09) em função do tempo de estocagem	77
Tabela 20 - Contagem de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e coliformes totais para salsichão fatiado em embalagem a vácuo no dia do fatiamento e aos 15 dias de estocagem (*).	78
Tabela 21 - Contagem de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e coliformes totais para salsichão fatiado em embalagem permeável ao O ₂ , no dia do fatiamento e a 5 dias de estocagem (*)	80
Tabela 22 – Coeficiente de determinação dos resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação global e variação do parâmetro a* para salsichão embalado a vácuo e estocado a 7 °C sob iluminação constante durante 336 horas.	87
Tabela 23 - Resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação global e variação do parâmetro a* para salsichão embalado a vácuo e estocado a 7 °C sob iluminação constante.	89
Tabela 24 - Resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação global e variação do parâmetro a* para salsichão embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado a 7 °C sob iluminação constante em câmara fria.	91
Tabela 25 - Correlação dos resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação do parâmetro a* e variação global para salsichão em embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado a 7 °C sob iluminação constante durante 168 horas.	92
Tabela 26 - Salsichão de frango embalado a vácuo, estocado em BOD, a 7 °C sob iluminação constante de 3000 lux.	95

Tabela 27 - Planejamento experimental e resultados de ΔC , ΔH , ΔE e Δa^* para salsichão de frango embalado a vácuo, estocado sob iluminação constante (3000 lux) durante 14 dias	97
Tabela 28 - Coeficientes de regressão para a variação da cromaticidade durante 336h de estocagem (valores codificados).	98
Tabela 29 - Coeficientes de regressão para a resposta ΔH das amostras a 336h estocadas em relação ao tempo inicial (valores codificados).....	100
Tabela 30 - Coeficientes de regressão para a resposta ΔE das amostras a 336h estocadas em relação ao tempo inicial (valores codificados).....	101
Tabela 31 – Acompanhamento da coloração de salsichão de frango embalado com filme permeável ao O_2 , estocado em BOD a 7°C e sob iluminação constante de 3000 lux.	104
Tabela 32 - Planejamento experimental e resultados de ΔC , ΔE e Δa^* para salsichão de frango embalado com filme permeável ao O_2 , estocado em BOD a 7°C e sob iluminação constante (3000 lux) e durante 7 dias (168 h)	105
Tabela 33 – Tabela de coeficientes de regressão para a variação do teor de saturação em 168 h de estocagem (valores codificados).	106
Tabela 34 – Tabela de coeficientes de regressão para a variação do ângulo de tonalidade após 168 h de estocagem (valores codificados).....	107
Tabela 35 – Análise de Efeitos da Variação Global de cor de Salsichão de Frango adicionado de Extrato de Alecrim e Alho em pó em diversas concentrações (valores codificados).....	109
Tabela 36 - Leitura de parâmetros L^* , a^* , b^* , C^* e ΔE para salsichão de frango fatiado em embalagem a vácuo submetido ou não a condição de estresse pré-embalagem.	110
Tabela 37 - Leitura de parâmetros L^* , a^* , b^* , C^* e ΔE para salsichão de frango fatiado embalado com filme permeável ao O_2 submetida ou não a condição de estresse.	111

Tabela 38 - Medidas de luminosidade do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C.....	135
Tabela 39 - Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C.....	136
Tabela 40 - Medidas do parâmetro b* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C.....	137
Tabela 41 – Coloração no sistema L*C*H* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C.....	138
Tabela 42 - Medidas de Luminosidade do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em câmara fria a 7°C.....	139
Tabela 43 - Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em câmara fria a 7°C.....	140
Tabela 44 - Medidas do parâmetro b* do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em câmara fria a 7°C.....	140
Tabela 45 – Medidas de coloração no sistema L*C*h do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em câmara fria a 7°C.....	141
Tabela 46 - Medidas de luminosidade do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C.....	142
Tabela 47 - Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C.....	143
Tabela 48 - Medidas do parâmetro b* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C.....	143
Tabela 49 - Medidas de coloração no sistema L*C*h do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C.....	144
Tabela 50 - Medidas de Luminosidade do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C.....	145
Tabela 51 – Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C.....	146

Tabela 52 - Medidas do parâmetro b^* do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O_2 e estocado em BOD refrigerada a $7^\circ C$	146
Tabela 53 - Medidas de coloração no sistema L^*C^*h do salsichão de frango fatiado, embalado com permeabilidade ao O_2 e estocado em BOD refrigerada a $7^\circ C$, tempos de 0, 24h e 48h de estocagem.	147
Tabela 54 - Medidas de coloração no sistema L^*C^*h do salsichão de frango fatiado, embalado com permeabilidade ao O_2 e estocado em BOD refrigerada a $7^\circ C$, tempos de 96 h e 168 h de estocagem.	148
Tabela 55 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré-fatiamento, embalado a vácuo – Parâmetros L^* , a^* e b^*	149
Tabela 56 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré-fatiamento, embalado a vácuo – Parâmetros L^* , C^* e h	150
Tabela 57 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré fatiamento, embalado com filme permeável ao O_2 – Parâmetros L^* , a^* e b^*	151
Tabela 58 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré fatiamento, embalado com filme permeável ao O_2 – Parâmetros L^* , C^* e h	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção de emulsionados de carne	8
Figura 2 - Estrutura da porfirina em pigmentos heme (adaptado de CARLSEN et al., 2005)	13
Figura 3 - Transformações de cor de carne e derivados (adaptado de BARBUT, 2002).....	14
Figura 4 – Padrão CIE $L^*a^*b^*$ e L^*C^*h (Adaptado de hunterlab, 2007).....	30
Figura 5 - Mecanismo de autoxidação (adaptação de Gordon, M.H. 2005).....	34
Figura 6 - Estruturas químicas de compostos antioxidantes de alecrim (SAHIDI e NACKZK, 2004)	43
Figura 7 - Coxa e sobrecoxa de frango desossada e moída.....	51

Figura 8 - Salsichão de frango (Frigorífico Martini, 2006)	54
Figura 9 - Área de fatiamento no laboratório de tecnologia de carnes e derivados	55
Figura 10 - Carrinho utilizado para testes em câmara fria.....	56
Figura 11 - Bandeja de salsichão de frango com fatias sobrepostas embaladas a vácuo (recém-fatiada)	56
Figura 12 – BOD para experimento de descoloração	60
Figura 13 - Salsichão de frango fatiado, estocado em BOD e embalado á vácuo (a) e embalagem permeável ao O ₂ (b).....	61
Figura 14 - Ficha de análise sensorial de aceitação do salsichão de frango	64
Figura 15 - Acompanhamento do estado oxidativo durante a vida útil do salsichão de frango inteiro estocado a 7°C e em câmara fria.	81
Figura 16 - Gráficos dos Índices de TBARS de salsichão fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C sob iluminação constante.....	83
Figura 17 - Gráficos dos índices de TBARS de salsichão fatiado, embalado com permeabilidade ao O ₂ e estocado em câmara fria a 7°C sob iluminação constante.	84
Figura 18 - Superfície de contorno da variação da cromaticidade (ΔC) do salsichão de frango estocado por 336 horas sob iluminação fria de 3000 lux e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim estocado em BOD a 7°C \pm 1°C e embalagem a vácuo.	99
Figura 19 - Superfície de contorno da variação do ângulo de tonalidade do salsichão de frango embalado a vácuo estocado por 336 horas sob iluminação fria constante de 3000 lux e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim estocado em BOD a 7°C \pm 1°C.	99
Figura 20 - Superfície de contorno da variação global da cor para salsichão de frango estocado sob iluminação e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim, estocado em BOD a 7°C sob iluminação constante de 3000 lux e embalagem a vácuo.	102

Figura 21 - Superfície de contorno da variação da saturação de salsichão de frango, embalado com filme permeável ao O ₂ e estocado sob iluminação e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim.	108
Figura 22 - Superfície de contorno da variação do ângulo de tonalidade de salsichão de frango embalado com filme permeável ao O ₂ , estocado por 336 horas sob iluminação fria de 3000 lux e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim estocado em BOD a 7°C ± 1°C.	108

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Decomposição do óxido nitroso (HNO ₂) a óxido nítrico (HNO ₃)	24
Equação 2 - Cálculo da cromaticidade	30
Equação 3 - Cálculo do ângulo de tonalidade	30
Equação 4 - Cálculo da variação global de cor	31
Equação 5 - Cálculo da variação do ângulo de tonalidade	31
Equação 6 - Mecanismo de ação dos metais na oxidação (CARSLÉN <i>et al.</i> , 2005)	35

RESUMO

A oxidação lipídica, estabilidade microbiológica e a cor estão entre os principais fatores que afetam a qualidade e aceitação da carne e produtos cárneos. Muitos ingredientes são conhecidos por apresentarem em sua composição substâncias antioxidantes que retardam a oxidação lipídica e contribuem na manutenção da coloração durante a estocagem. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a ação antioxidante de dois ingredientes naturais (extrato de alecrim e alho em pó) em um embutido emulsionado de carne de aves (salsichão de frango curado e cozido) além do efeito sobre as características sensoriais e microbiológicas. Para este estudo foi utilizada a metodologia de superfície de resposta, variando diferentes concentrações desses dois ingredientes, para avaliar o efeito sobre a aceitação sensorial, oxidação lipídica e cor. Em avaliação sensorial, a adição de até 1% de alho em pó e de até 1000 mg/Kg de extrato de alecrim não resultou em diferença significativa ($p > 0,05$) nos resultados de aceitação da cor, aroma, sabor e impressão global, sendo os valores entre 6 a 7, de uma escala de nove pontos. A estabilidade microbiológica do salsichão de frango fatiado e embalado com vácuo ao longo de 14 dias, revelou contagens máximas de mesófilos e psicrotrofos de 10^7 - 10^8 UFC/g, e do produto embalado em PVC e nos produtos embalados sob permeabilidade ao O_2 , após 5 dias, as contagens estiveram próximas de 10^6 UFC/g. A adição de extrato de alecrim e alho em pó não indicou extensão da vida útil do produto. A avaliação da formação de compostos secundários da oxidação, através da análise do índice de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico), apresentou valores abaixo do mínimo para percepção do sabor de ranço. A descoloração do salsichão de frango fatiado embalado em filme permeável ao oxigênio ou sob a presença de vácuo foi estudada com temperatura a 7°C e sob iluminação "luz do dia" constante, em duas condições de armazenagem. Os resultados de variação de cor com estocagem em câmara fria não apresentaram boa correlação, sendo a adição do extrato de alecrim e alho em pó não significativo ($p > 0,05$) nessas condições. Os resultados do experimento em geladeira BOD apresentaram boa correlação dos dados com respostas de variação do ângulo de tonalidade, variação da saturação e variação global da cor durante 14 dias para embalagem a vácuo e 7

dias para embalagem permeável ao O₂. O alho em pó teve efeito positivo na diminuição da variação do ângulo de tonalidade durante o tempo de estocagem, mostrando tendência no auxílio da manutenção da coloração vermelha e a adição de extrato de alecrim mostrou efeito positivo na diminuição da variação da saturação do produto durante o tempo de estocagem. A conclusão deste trabalho é que a utilização nas concentrações de 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim no embutido fatiado no experimento em BOD, trouxe resultados positivos para a proteção da coloração dos produtos em relação às respostas de variação da saturação, variação do ângulo de tonalidade e variação global de cor.

ABSTRACT

Meat has an important role on the human diet, due to its high nutritional level, and agreeable taste, aroma and texture. Lipid oxidation, microbial stability and color stability are between the main factors that influence the quality and acceptability of meat and meat products. Many ingredients are known as sources of antioxidants compounds, delaying the lipid oxidation and supporting a lower color fading during the storage time. The main purpose of this work was to evaluate the antioxidant effect of both ingredients at different concentrations on a poultry cooked cured sausage ("Salsichão de Frango") beside the sensorial acceptability and microbial. For this study it was used the response surface methodology, varying different levels of two natural ingredients (garlic powder and rosemary extract) and evaluating the effect on the sensorial acceptability, lipid oxidation and color. On sensorial analyze, the addition of 1% of garlic powder and 1000 mg/Kg of rosemary extract had no significative difference ($p > 0,05$) on the answers of color, aroma, taste and global impression of the sliced cooked chicken sausage, being the values between 6 to 7, on a nine points scale. The microbial stability evaluation of the sliced chicken cooked sausage submitted to vacuum through 14 days revealed maximum mesophilic and psicrotrophic bacterial count of 10^7 - 10^8 CFU/g. The product packaged with oxygen permeable film, after 5 days, the maximum bacterial count were around the level of 10^6 CFU/g. The addition of rosemary extract and garlic powder did not indicate life extension of the product. The evaluation of the secondary lipid oxidation compounds formation, throughout the TBARS (TioBarbituric Acid Reactive Substances) analyze, showed values under the rancidity flavor threshold, not indication the product rancidity. The color fading of the sliced sausage packaged on a oxygen permeable film or impermeable film under 7°C, with constant daylight illumination, under two conditions. The results of the cold chamber experiment did not have a good data fit and correlation. This way the addition of rosemary extract and garlic powder were not significant ($p > 0,05$), submitted or not to vaccum storage. The BOD refrigerator experiment results presented good correlation data, with the responses of Hue angle variation, saturation variation and global color variation during 14 days of the vacuum packaged and 7 days of the oxygen permeable film packaged sliced cooked

chicken sausage. Garlic powder had a positive effect on the decrease of the hue angle variation during the storage, showing tendency to support the sausage red color and the adding of rosemary extract showed positive effect on decreasing of the saturation variation during the storage time. From the studied formulations, the central points (0,5% of garlic powder and 0,05% of rosemary extract) presented the best results. It was concluded that the use of these ingredients in the concentrations of 0,5% of garlic powder and 0,05% rosemary, on BOD experiment, brought positive protection of the product color, in relation of chroma variation, hue angle variation and global color variation responses.

1. INTRODUÇÃO

A carne tem um importante papel na dieta humana pelo seu sabor, textura e alto valor nutritivo. Entre as aves, o frango se destaca, por sua composição de nutrientes, baixa quantidade de gorduras saturadas e baixo custo relativo de consumo.

Segundo a Associação Brasileira dos Exportadores de Frango (ABEF), há a estimativa de produção de 9,7 milhões de toneladas para 2007, sendo 70% destinado ao mercado interno e 30% destinado ao mercado externo. Assim, este item se destaca como o segundo produto na exportação do agronegócio brasileiro, superado apenas pelo complexo soja e representando 55,3% (2,8 milhões de toneladas de peso carcaça) do volume total exportado de carnes. Dados de 2005 mostram que houve um aumento de 85,6% (em relação ao peso líquido produzido) nas exportações em relação ao ano de 2004, isso é válido também para a venda de cortes de frango.

Hoje, a preferência dos consumidores é pela conveniência, variedade, preço e valor nutricional do alimento. Essa grande expansão no mercado internacional poderá permitir a agregação de valor através da venda de produtos com maiores inovações tecnológicas ao consumidor. Embutidos pré-cozidos e curados levam pouco ou nenhum tempo de preparação, podendo ser rapidamente preparados, ajudando assim, pessoas que trabalham e têm pouco tempo disponível (PEARSON & GILLET, 1994).

As carnes de aves têm grande aceitação do consumidor, que os considera de sabor agradável, baixo conteúdo de gordura, textura macia, além de fornecer proteína da melhor qualidade a baixo custo para todas as classes sociais. O corte mais aceito é o peito, com e sem osso, e países exportadores como os EUA já tem excesso de produção de outros cortes menos valorizados como coxa e sobrecoxa, que são exportados a preço mais baixo para países asiáticos (NEVES, 2001; CAVENAGHI, 2005). Entretanto, também é crescente a preocupação com a segurança alimentar, bem estar animal e responsabilidade ambiental, as quais influenciam na produção e nutrição animal, processamento e distribuição desses alimentos, e conseqüentemente nos padrões alimentares da população. Em geral,

há uma maior demanda dos consumidores por alimentos percebidos como naturais, de sabor fresco, saudáveis e mais nutritivos (MORRISEY *et al.*, 1998).

Seguir essas tendências, utilizando-se de cortes menos nobres, pode atender aos anseios de mercado. Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de reduzir o teor de sal (COLMENERO E CARBALLO, 2004) e estudar a adição de ingredientes funcionais (fibras, antioxidantes naturais) (FERNANDEZ-LOPEZ *et al.* 2005; MIELNIK *et al.* 2003) em produtos cárneos.

A oxidação lipídica é uma preocupação na conservação desses produtos. Para realizar o controle diminuindo a formação de cadeias de hidroperóxidos, utilizava-se no passado antioxidantes, sendo os mais utilizados no passado os sintéticos (BHA, BHT, TBHQ), porém estudos mostraram não serem benéficos à saúde.

O fenômeno da Globalização trouxe ao conhecimento público, várias especiarias antes conhecidas isoladamente por várias culturas como mediterrânea, América Latina e asiática. Algumas dessas plantas apresentam substâncias que inibem a formação de cadeias de hidroperóxidos, o que inibe a oxidação e formação da rancidez (WOF – *Warmed Over Flavor*)

O alho é muito utilizado no mundo todo e desde o Egito antigo conhecida por sua importância na prevenção e tratamento de diversas doenças. Seus compostos antioxidantes são em sua maioria organosulfurados (KHANUM *et al.*, 2005), cuja ação antioxidante, antimicrobiana e medicinal tem sido amplamente divulgada e estudada (MILNER, 2001; PANDEY, 2001; KHANUM *et al.*, 2006; LANZOTTI, 2006).

O alecrim é uma erva aromática da família *Labiatae* que apresenta uma alta concentração de compostos fenólicos. Suas folhas são importantes para a medicina moderna e aromaterapia, tal como a indústria de aromas e perfumes. Neste contexto, muitos estudos têm sido realizados para avaliar a ação antioxidante do extrato de alecrim em produtos cárneos (BRAGAGNOLO *et al.*, 2005; RACANICCI *et al.*, 2004; LEE *et al.*, 2006).

2. OBJETIVOS

Os objetivos desta dissertação de Mestrado foram:

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó em diferentes concentrações sobre as características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas em um embutido emulsionado de carne de aves (salsichão de frango curado e cozido)

2.2. Objetivos específicos

- Estudar as características físicoquímicas de produtos emulsionados de frango (tipo mortadela de frango) presentes no mercado.
- Monitorar a extensão da oxidação lipídica dos pigmentos de cor do salsichão de frango adicionado de extrato de alecrim e alho em pó ao longo do tempo de estocagem refrigerada.
- Avaliar o efeito da luz e permeabilidade da embalagem sobre a oxidação lipídica e descoloração de salsichão de frango adicionado de extrato de alecrim e alho em pó armazenado em condições de estresse.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Características físico químicas da carne de frango

As carnes de aves são amplamente aceitas como fonte protéica de alta qualidade, vitaminas B e minerais. O fato da carne de aves ser considerada uma boa fonte nutricional associada às questões econômicas do comércio internacional de alimentos, resultou em um significativo aumento nas vendas mundiais (BARBUT, 2001). A composição centesimal desta carne está intimamente ligada ao tipo de ave, classe, sexo, idade e dieta. Carne de peru normalmente tem menos gordura que a carne de frango. Maiores níveis de lipídeos resultam em um maior valor calórico, entretanto em geral, a carne de aves é considerada magra em relação a outras espécies que fornecem carne vermelha (BARBUT, 2002).

Um importante fator é que a gordura da carne de aves é menos saturada que a bovina e a suína, apresentando uma imagem mais favorável. Porém, esta alta insaturação resulta em uma menor estabilidade a oxidação lipídica e menor temperatura permitida durante a cominuição no preparo de emulsões cárneas. A composição da carne de frango e de suas partes comestíveis está descrita na Tabela 1 do núcleo de estudo e pesquisa em alimentos.

Observa-se que a pele tem além do efeito importante em relação aos lipídeos como observado, também fornece mais calorias e sua adição reduz proporcionalmente a umidade da amostra. A composição de ácidos graxos desse alimento, com cerca de 70% de gorduras insaturadas, pode ser alterada pela auto-oxidação, especialmente afetada por altas concentrações de ácidos graxos insaturados (cerca de 70% neste alimento) (RACANICCI *et al.*, 2004; LI *et al.*, 1994).

Isso é confirmado pelos dados fornecidos pelo USDA (2006), onde a composição da coxa e sobrecoxa de frango, com pele e sem osso, apresentam em torno de 7,5 g e 9,9 g de ácidos graxos insaturados (mono e polinsaturados) se medidos com pele para cada 100g de porção comestível, em contraste ao valor

de 3,4 g e 4,4 g de ácidos graxos saturados para a mesma quantidade de matéria prima.

Tabela 1 – Composição de carne de frango e suas partes, por 100 g de parte comestível crua.

FRANGO		Umidade (%)	Proteínas (g)	Lipídeos (g)	Colesterol (mg)	Calorias (Kcal)	Cinzas (g)
Inteiro	s/ pele	74,9	20,6	4,6	78	129	0,9
	c/ pele	71,9	20,8	6,7	80	149	0,9
Coxa	s/ pele	76,4	17,8	4,9	91	120	0,9
	c/ pele	72,9	17,1	9,6	97	161	0,8
Sobre coxa	s/ pele	72,7	17,6	9,6	84	162	0,9
	c/ pele	63,6	15,5	20,9	88	255	0,8
Peito	s/ pele	74,8	21,5	3	59	119	1
	c/ pele	71,9	20,8	6,7	80	149	0,9

Fonte: (Fonte: NEPA, 2006)

3.2. Embutidos cárneos

Segundo SAVIC (1985) em trabalho divulgado pela FAO, embutidos são definidos como carnes cominuídas, embutidas em tripas e podem ser defumados, curados, fermentados e aquecidos. Estes produtos são elaborados somente com as partes comestíveis da carne e adicionados de ingredientes não cárneos.

Uma grande variedade pode ser obtida através de uma ampla gama de formulações cárneas, temperaturas de processo, tipos de envoltório e tamanho das partículas dos ingredientes. Essas modificações causam variações na textura e sabor, teor de umidade, rendimento percentual e outros atributos. O número e variedades dos embutidos são limitados somente pela imaginação e conhecimento técnico dos produtores (GILLET E PEARSON, 1994; SAVIC, 1985).

Alguns autores apresentam diferentes classificações para tipos de embutidos como HEDRICK *et al.* (1994); GILLET e PEARSON (1994) e SAVIC,

(1985). Nesta revisão, as definições seguem documento da FAO, escrito por SAVIC (1985). Segundo o mesmo há diversos processamentos possíveis, por isso os embutidos podem ser divididos em dois grandes grupos: Embutidos frescos e processados termicamente. De acordo com os métodos aplicados na manufatura, o primeiro grupo pode ser dividido em duas sub-categorias: frescos e fermentados. Similarmente, o segundo grupo pode ser dividido em defumados pré-cozidos, emulsionados e cozidos.

Ebutidos frescos são feitos de carne sem cura, defumação, fermentação ou cozimento. Este produto deve ser mantido sob refrigeração e é necessário aquecê-lo previamente antes de comê-lo.

Ebutidos fermentados são elaborados a partir de carnes curadas ou não, fermentadas e geralmente defumadas. Podem ser divididos em embutidos semi-secos e secos, estes produtos não sofrem tratamento térmico durante a produção.

Ebutidos pré-cozidos defumados são em sua maioria produtos curados e não fermentados. O aquecimento para diminuição parcial do teor de umidade gera uma extensão da vida-de-prateleira. Para o consumo deste produto é necessário completar o processo de cozimento.

Ebutidos do tipo emulsionados são produtos prontos para o consumo e feitos de carnes curadas bem homogeneizadas, com a adição de tecido gorduroso, água e temperos. Normalmente defumada e levemente cozida. Na Europa, estes embutidos são conhecidos como escaldados, porque são somente pasteurizados e não totalmente cozidos. No Brasil, os principais exemplos são as mortadelas, salsichas e lingüiças.

Ebutidos cozidos são produtos prontos para o consumo, basicamente feitos de carne fresca cozida ou excepcionalmente de matéria prima curada e fresca, com o porém de serem cozidas depois do embutimento, com ou sem a defumação.

Segundo a legislação brasileira, os embutidos são definidos pelos regulamentos de identidade e qualidade para mortadelas, salsichas, lingüiça e salame. Os produtos embutidos emulsionados industrializados são obtidos a partir de emulsões cárneas de uma ou mais espécies de animais de açougue,

adicionados de ingredientes, embutidos em envoltório natural, ou artificial ou por processo de extrusão, e submetidos a tratamento térmico adequado (BRASIL, 2000).

A produção de embutidos envolve operações básicas, como as descritas pelo Guia de Elaboração de um plano APPCC, do SENAI (SENAI, 2003).

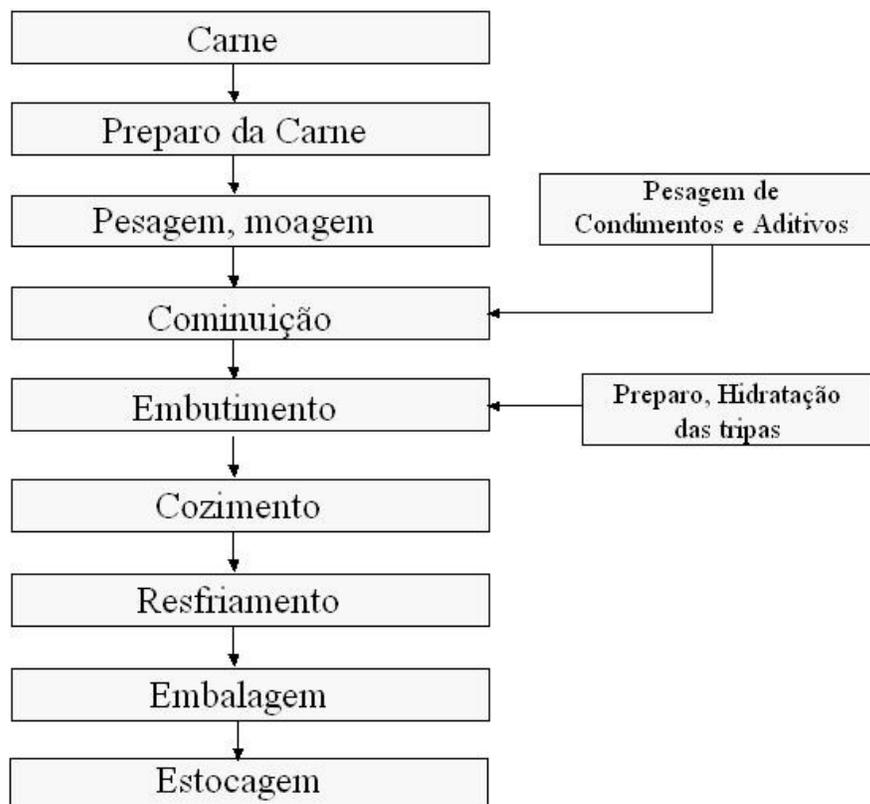


Figura 1 - Fluxograma de produção de emulsionados de carne
(Fonte: SENAI,2003)

A cominuição é o processo pelo qual o tamanho das partículas é reduzido para a incorporação da matéria prima cárnea na formulação acabada. A extensão da cominuição depende do produto, dando assim a cada um, características únicas. Por exemplo, alguns são tão finamente cominuídos que são considerados emulsões cárneas (HEDRICK *et al.*, 1994).

Sob o ponto de vista funcional, esses produtos não correspondem a uma emulsão verdadeira. Podem ser mais corretamente chamados de “*batter*”. Nessa

matriz protéica, a gordura é coberta pelas proteínas da carne magra e tem estrutura similar a uma emulsão, porém o diâmetro dos glóbulos é bem maior (1 a 20 μm) (PEARSON & GILLET, 1994).

A formação de um “*batter*” cárneo típico consiste de duas transformações: a extração das proteínas com formação de uma matriz viscosa, e a emulsificação com solubilização das proteínas, glóbulos de gordura e água (HEDRICK *et al.*, 1994).

Na preparação de emulsões cárneas, as carnes magras são trituradas com sal para facilitar a solubilização e extração das proteínas, antes da adição de ingredientes contendo gordura. A estabilidade da emulsão aumenta com o acréscimo no teor de actina e miosina disponível como agentes emulsificantes, para formação da matriz protéica. O teor protéico das carnes varia de acordo com a espécie, localidade do músculo, idade do animal, e outros fatores. Por exemplo, as proteínas de cortes claros de aves têm formação de *batters* mais estáveis que carnes escuras (HEDRICK *et al.*, 1994).

A extensão da estabilidade da emulsão é influenciada por diversos fatores extrínsecos incluindo o controle da temperatura durante a formação da matriz cárnea, ordem de ingredientes nas propriedades de emulsificação, viscosidade, tamanho da partícula de gordura, pH e a quantidade de proteínas solúveis ao sal.

A elevação na temperatura durante a cominuição é benéfica, pois ajuda na extração de proteínas solúveis, acelera a cura, e melhora as características de fluxo. Entretanto, se houver um aumento muito intenso, poderá ocorrer durante o processo de aquecimento a quebra da emulsão. Quando se utilizam cutters com alta velocidade e capacidade de emulsificação, pode ser alcançada a temperatura final da emulsão de até 10°C a 12°C para aves, 15°C a 18°C para suínos e 21°C a 22°C para bovinos sem efeitos prejudiciais para a estabilidade do produto. Porém, é recomendado que se mantenham as emulsões a temperaturas menores quando utilizado “*cutters*” de baixa velocidade e capacidade de emulsificação (HEDRICK *et al.*, 1994).

O tempo exagerado de trituração no “*cutter*” leva a uma diminuição gradativa do diâmetro dos glóbulos de gordura e o aumento exagerado da área de

superfície a ser coberta pela proteína solubilizada, desse modo à gordura é parcialmente recoberta. Devido ao atrito com as facas pode haver um aumento da temperatura, e com o aquecimento a gordura não coberta pelas proteínas se separa da mistura, causando um problema industrial chamado de *fat pocketing* (PEARSON e GILLET, 1994). Esse processo é a quebra da emulsão caracterizada por uma reagregação (coalescência) dos glóbulos bem dispersos em partículas maiores, glóbulos de gordura facilmente visíveis e dispostos na parte externa do produto (HEDRICK *et al.*, 1994).

O processo de embutimento é muito importante para a determinação do tipo de produto, a forma de preparo e o teor de quebra que terá durante o cozimento. Os envoltórios utilizados podem ser de celulose, colágeno comestível, colágeno não comestível e plástico (HEDRICK *et al.*, 1994).

Alguns embutidos não sofrem cozimento (frescos), outros sofrem aquecimento parcial. Os emulsionados sofrem cozimento completo, sendo considerados pronto para consumo.

O nitrito utilizado na formulação de produtos curados tem função antimicrobiana e antioxidante, além de dar características de cor e sabor próprias. A cor rosada característica é formada durante o aquecimento através de reações químicas descritas posteriormente. O controle de tempo e temperatura é muito importante nesse processo, garantindo uma menor variabilidade das características físicas (nitrito residual, coloração, TBA) do embutido durante o processo de estocagem (HEDRICK *et al.*, 1994).

As etapas de resfriamento, embalagem e estocagem são primordiais para a conservação das qualidades microbiológicas e sensoriais dos produtos. O cumprimento das Boas Práticas de Higiene e Fabricação pode trazer uma extensão da vida útil ao emulsionado.

Salsichas, salsichões e mortadelas estão entre os produtos mais consumidos no Brasil. Entre os principais ingredientes que podem ser usados para a produção desses itens estão: carne (bovina, suína e/ou de frango), gordura e/ou toucinho, proteína isolada de soja, sal, sais de cura (nitrito e nitrato), antioxidantes (eritorbato de sódio, extratos naturais), tripolifosfato de sódio, temperos (pimenta

branca, noz-moscada, entre outros) e aceleradores de cura (eritorbato de sódio) (ROMANO,2001).

Embutidos cárneos resfriados são, quase que totalmente, consumidos na forma de fatias e, com raras exceções, na forma de cubos ou tiras. O fatiamento pode ocorrer na indústria, previamente nos estabelecimentos comerciais, no momento da compra ou sendo vendido em pedaços inteiros ou peças. A proporção respectiva em cada forma de venda é de 15%, 22%, 35% e 28% (ROMANO, 2001).

Os produtos fatiados no momento da compra, conforme solicitação do consumidor é uma situação típica de padarias e pequenos estabelecimentos, são acondicionados em filmes plásticos, e na maioria dos casos envoltos em uma folha de papel. Estes produtos devem permanecer refrigerados e ser consumidos num prazo máximo de 24h (ROMANO, 2001).

O fatiamento prévio do embutido, com acondicionamento em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas por filmes plásticos é uma prática realizada atualmente pelos supermercados. Devido ao cumprimento das Boas Práticas de Fabricação (BPF) e esforço técnico-econômico dessas empresas, esses produtos podem ter em média uma vida-de-prateleira de até três dias.

Na indústria o acondicionamento de produtos fatiados, é feito através do vácuo ou atmosfera modificada. Com o uso desses sistemas, pode-se estender a vida útil de um produto cárneo por aproximadamente trinta dias, sendo a deterioração microbiana o principal fator limitante (ROMANO 2001).

A carne de frango tem sido industrializada na forma de produtos que antes eram processados com outros tipos de carnes, como lingüiças, mortadelas, salsichas e fiambres. A carne mecanicamente obtida, inicialmente utilizada somente como ingrediente cárneo em combinação com carnes suínas e bovinas para a fabricação de salsichas de carne vermelha. Com a evolução dos equipamentos e técnicas de desossa das carcaças, partes inteiras de músculo se tornaram disponíveis para a produção de outros tipos de produtos curados como presuntos de aves, pastrami e peito defumado. Hoje, alguns tipos de embutidos

elaborados inteiramente de carne de aves, são vendidos inteiros ou pré-fatiados e são muito populares entre os consumidores (SMITH, 2001).

3.3. A formação e importância da cor em carne e produtos cárneos.

3.3.1. Propriedades da cor da carne *in natura*

A cor da carne é o primeiro critério de seleção na avaliação dos consumidores sobre qualidade da carne e define a aceitabilidade. Consumidores preferem carnes frescas vermelhas e brilhantes, carnes cozidas marrom ou acinzentadas e carnes curadas rosadas (CORNFORTH, 1994).

Esta percepção de cor está intimamente ligada à concentração de pigmentos que absorvem a luz em determinado comprimento de onda e reflete em outro (HEDRICK *et al.*, 1994). Normalmente os consumidores relacionam para aves, bovinos e suínos a coloração levemente vermelha como um produto com alta qualidade (BARBUT, 2002).

3.3.1.1. Pigmentos da carne

A coloração vermelha da carne depende da concentração e estado redox da mioglobina, hemoglobina e citocromos da carne (CARLSEN *et al.*, 2005).

A mioglobina (existente nos músculos) é o principal pigmento, juntamente há a hemoglobina (existente no sangue) que em músculos cuja sangria foi bem efetuada, sua quantidade corresponde a 6-16% do total de pigmentos da carne (CARLSEN *et al.*, 2005), enquanto que a mioglobina corresponde a 80-90% (HEDRICK *et al.*, 1994). Para MANCINI e HUNT (2005) as enzimas catalase, citocromo C, também presentes, podem ter um papel importante na carne bovina, de cordeiro, suíno e carne de aves.

A quantidade de mioglobina varia com a espécie, idade, sexo, músculo, e atividade física. Isto influencia muito na variabilidade da coloração da carne. Por exemplo, é evidente quando se compara uma carne de aves com a bovina. Carne

de caça tem uma coloração mais escura que a de animais domésticos devido à indução de produção de mioglobina pela atividade física.

Esse pigmento muscular consiste de uma porção globular protéica (globina) e uma porção não protéica chamada de anel heme. A porção heme é de especial interesse porque a cor da carne é parcialmente dependente do estado oxidativo do ferro existente nele (HEDRICK *et al.*, 1994).

O anel heme tem um átomo de ferro localizado centralmente que pode formar seis ligações. Quatro dessas ligações são com nitrogênio pirrólicas enquanto que a quinta se coordena com a Histidina-93 mais próxima (Figura 2). A sexta ligação está disponível para ligações reversíveis (MANCINI e HUNT, 2005).

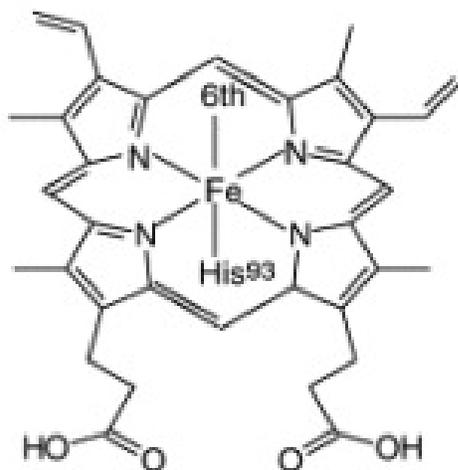


Figura 2 - Estrutura da porfirina em pigmentos heme (adaptado de CARLSEN *et al.*, 2005)

O estado químico (oxidação, redução) do ferro e o composto ligado na sexta ligação definem a cor da carne. O átomo de ferro liga-se a 4 nitrogênios no centro do anel da porfirina (Figura 2), podendo formar duas ligações adicionais, uma em cada plano da estrutura heme e esses sítios de ligação são chamados de 5° e 6° ligações de coordenação.

A deoximioglobina (DMb) ou mioglobina reduzida ocorre quando nenhum ligante está presente na 6° ligação e o ferro heme está ferroso (Fe^{+2}) (esse sítio de ligação é saturado com moléculas de água). O resultado é uma cor vermelho

púrpura, tipicamente associada a baixos níveis de tensão de O₂, existente em produtos embalados a vácuo ou imediatamente após o corte.

Quando a carne é exposta ao ar, o oxigênio se liga ao Fe⁺² e a DMb se torna oxigenada, formando um composto reversível de cor vermelho brilhante, a oximioglobina (OMb). Esta oxigenação é conhecida como *bloom*.

A metamioglobina (MetMb), de cor marrom acinzentada, conhecida como composto de degradação da DMb ou de descoloração da carne, tem o ferro no estado oxidado (Fe⁺³).

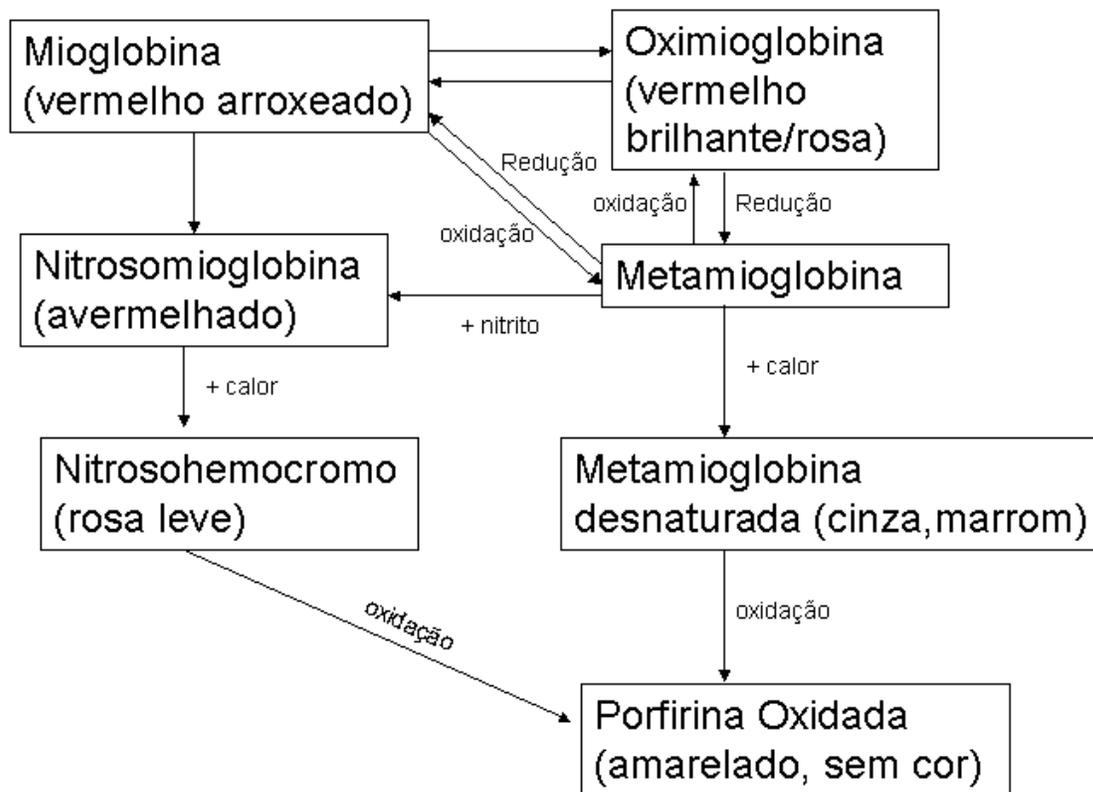


Figura 3 - Transformações de cor de carne e derivados (adaptado de BARBUT, 2002)

A estabilidade de cor da carne geralmente é função de diferentes fatores intrínsecos (pH, tipo de músculo, animal, raça, sexo, dieta, Atividade Redutora de Metamioglobina (ARM), Taxa de Consumo de Oxigênio (TCO)) e extrínsecos (manejo pré-abate e durante o abate, pressão parcial e concentração de oxigênio,

temperatura de estocagem, exposição à luz, crescimento microbiano e oxidação) (MANCINI e HUNT, 2005; RENERRE, 1990).

Fatores intrínsecos que influenciam na coloração da carne *in natura*

Há muitas diferenças da coloração entre diferentes espécies, em geral, a carne bovina e a de carneiro têm mais mioglobina que as de porco, novilhas, peixe, ou aves (HEDRICK *et al.*, 1994).

Segundo VENTURINI (2003), a variabilidade entre animais é influenciada pela alimentação, idade cronológica, sexo, raça, tipo e grau de atividade física na criação e atividade de enzimas das mitocôndrias, associadas à respiração aeróbica. A concentração de mioglobina é maior nos músculos utilizados para locomoção, apresentando-se mais escura. Paralelamente à idade cronológica, há um aumento significativo de fibras vermelhas em relação às brancas. Em carnes de animais mais velhos, a camada de OMb diminui e, conseqüentemente, a superfície da carne torna-se mais escura (RENERRE, 1990).

Em carnes as maiores concentrações de ferros são encontradas na mioglobina (Mb), cujos valores típicos são: 2-5 mg/g de Mb em carne bovina; 4-7 mg/g de Mb em ovelhas; 2-5 mg/g de Mb em suínos; 1-2 mg/g de Mb em carne de frango (POLLONIO, 1994; LOVE, 1987).

O tipo de fibra e o conteúdo de mioglobina têm um efeito forte na coloração da carne. A diferença básica entre os músculos é o número relativo de fibras vermelhas e brancas. Cada tipo de fibra tem diferentes características, e a principal diferença observada é em relação à cor. Por exemplo, o peito do frango é predominantemente composto de fibras brancas, que tem uma quantidade baixa de mioglobina e logo uma coloração clara. De outro modo, as coxas são compostas por fibras vermelhas e apresentam uma coloração mais escura. Diferenças também ocorrem quando se mede o teor de compostos Heme nos músculo claros e escuros.

As variações no teor total de estrutura heme, proteína hemoglobina e mioglobina de frangos jovens (seis semanas de idade) são apresentadas na

Tabela 2. O músculo do coração aparece como o mais escuro, por ter alta concentração de heme proteínas, seguida pelo músculo do *Adductor*. Os músculos mais claros foram os do peito (*Pectoralis* e *Pectineus*) que têm os menores teores desses componentes (BARBUT,2002).

Tabela 2 – Conteúdo de proteína total heme, mioglobina e hemoglobina em músculo de frango

Músculo	Nº de ensaios	Total Heme	Hemoglobina Mg / g	Mioglobina
Coração	9	3.75±0,64 ^a	2,67 ± 0,65 ^a	1,08 ± 0,41
Aductor	8	1,39± 0,31 ^b	0,83 ± 0,21 ^b	0,56 ± 0,17 ^b
Pectineus	8	0,10± 0,04 ^e	0,09 ± 0,04 ^d	0,01 ± 0,00 ^c
Sartorius	6	0,79± 0,12 ^c	0,67 ± 0,11 ^b	0,12 ± 0,02 ^d
Pectoralis	10	0,24± 0,04 ^d	0,24 ± 0,04 ^c	ND

^{a-e} por parâmetro, significa que colunas com letras não semelhantes, diferem significativamente pelo teste de *t* (P<0,05).

¹Valores são médias ± DP dos números (n) de amostras indicadas. ND = não detectado.

Fonte: KRANEN *et al.* 1999

A pigmentação da pele de frangos é o resultado da deposição de melaninas (pigmento produzido pelas aves) e de xantofilas obtidas de material vegetal. Numerosos estudos mostram que os consumidores comumente preferem à coloração da pele tradicional para cada região. Esse resultado reflete as práticas de alimentação local, tal como a genética dos animais (FLETCHER, 1999). No nordeste dos Estados Unidos, a pele pálida é preferida. No Reino Unido, consumidores preferem-na branca, cor sem pigmento, indicando que há diferenças ao redor do mundo (BARBUT, 2002).

O processo de oxidação lipídica influencia na qualidade e intensidade de cor de produtos cárneos. Assim, a presença de compostos antioxidantes auxiliam positivamente para a boa qualidade da carne, auxiliando na manutenção da cor, retardando as reações de oxidação lipídica e da mioglobina (LIU *et al.*, 1996; GATELLIER *et al.*, 2001; LYNCH *et al.*, 1999).

A dieta influencia diretamente na concentração de antioxidantes nos tecidos. Trabalhos recentes têm pesquisado a influência da adição de vitamina E na dieta. A suplementação promove o acúmulo de α -tocoferol no tecido muscular que atua como antioxidante lipossolúvel nas membranas celulares. Em relação a aumento de vida útil de carne de aves estocadas, a dieta suplementar com vitamina E tem sido usada efetivamente para retardar a oxidação lipídica e formação de sabor de ranço formado durante uma longa estocagem (BARBUT, 2002).

Atividade redutora de metamioglobina (ARM)

A mioglobina se mantém em constante ciclo de seu estado reduzido a oxidado. Na presença de oxigênio ocorre a oxigenação da mioglobina (OMb), desoxigenação quando o oxigênio é utilizado na oxidação muscular (DMb), e oxidação da mioglobina (MMb) (PRICE e SCHWEIGERT, 1971).

Este ciclo é mantido devido a ARM, um processo existente nos tecidos, cuja capacidade é variável conforme diferentes composições de ácidos graxos, quantidade de mioglobina e enzimas. Esta atividade é responsável em reverter a OMb e MMb ao pigmento básico púrpuro escuro da DMb. Portanto, músculos com maior capacidade de redução apresentam coloração relativamente mais estável quando expostos ao ar (O'KEEFFE e HOOD, 1982; McKENNA, 2005).

As quantidades de enzimas (MMb redutases) variam de acordo com o tipo de carne, regulando a quantidade de oxigênio disponível nas camadas externas do tecido. Com o aumento do pH e temperatura dos tecidos, as enzimas se tornam mais ativas e o conteúdo de oxigênio é reduzido, havendo a formação de metamioglobina. Conseqüentemente, mantendo-se a temperatura da carne próximo à temperatura de congelamento minimiza a taxa de atividade enzimática e a utilização de oxigênio e auxilia na manutenção da cor pelo maior tempo possível (HEDRICK et al., 1994).

McKENNA (2005) desenvolveu um experimento entre vários tipos de músculos e a ARM ocorreu consistentemente entre a maioria deles. Geralmente, todos os músculos mantiveram seus níveis iniciais de ARM até o 3º dia de exposição no varejo.

Esta atividade de redução da MMb no *post rigor mortis* pode ser perdida devido a fatores como a queda do pH de tecidos, redução e/ou degradação de substratos e cofatores, e pela perda da integridade da estrutura mitocondrial e funcionalidade (GIDDINGS, 1974). O efeito do pH pode ser confirmado, ao verificar-se que a carne com baixo pH final descolore-se mais rapidamente do que aquelas com pH final mais elevado (LEDWARD, 1983; RENERRE, 1990).

BECKHIT *et al.* (2003) sugeriram que a quantidade de NADH (*Nicotinamida adenina nucleotídeo*) presente tem um importante papel na atividade de redução de MMb, conseqüentemente, na estabilidade de cor, pois o processo de redução da MMb requer NADH. Esse fato faz questionar a importância da redução de MMb durante a etapa *postmortem*, já que a quantidade de NADH disponível é muito pequena e os mecanismos envolvidos na regeneração não estão devidamente explicados. MANCINI e HUNT (2005) propuseram injetar lactato desidrogenase para a regeneração do NADH em músculo *postmortem* e aumentar a ARM.

Taxa de consumo de oxigênio

A taxa de consumo de oxigênio (TCO) é identificada como outra grande característica determinante da cor (MADHAVI e CARPENTER, 1993). A TCO está associada com o resíduo da respiração mitocondrial no músculo *postmortem* (BENDALL e TAYLOR, 1972). Esta taxa decresce com o tempo *postmortem* da carne, devido à diminuição de substratos e coenzimas, e degradação de enzimas envolvidas na respiração mitocondrial (O'KEEFFE e HOOD, 1982). A redução da TCO é influenciada pelas mudanças no pH e a condição de pH baixo favorece a oxidação da mioglobina.

A TCO está associada com a profundidade de penetração do oxigênio na superfície exposta do músculo. Geralmente, baixas TCO, permitem uma melhor penetração do oxigênio no músculo que ocorre proporcionalmente com o tempo, influenciada pelas espécies dos animais e tipos de músculos, e está associada com maior estabilidade de cor (BENDALL e TAYLOR, 1972; McKENNA *et al.*, 2005).

Portanto, a penetração do oxigênio e conseqüente espessura da camada de OMB, dependem da temperatura da carne, pressão parcial de oxigênio, pH, e competição pelo oxigênio pelos processos respiratórios (MANCINI e HUNT, 2005).

McKENNA *et al.* (2005) descreveram medidas de atividade de redução como resistência a indução de MMb, habilidade de redução aeróbica. O mesmos autores demonstraram que a redução da MMb diminui durante o tempo de exposição. Se ARM foi consistente no músculo *postmortem*, então a descoloração pode ser muito difícil de ser explicada porque a TCO decresce com o tempo de exposição. Isso pode ser justificado pela redução de ARM numa taxa maior que a TCO, caso contrário torna-se difícil o acúmulo de MMb e conseqüente descoloração.

Fatores extrínsecos que influenciam na coloração da carne

A temperatura é considerada como o fator essencial para conservação da qualidade da carne. Pois, de uma forma generalizada, baixas temperaturas diminuem as velocidades das reações, como a oxidação de lipídeos e da mioglobina (BROWN e MEBINE, 1969), crescimento microbiano e aumentam a absorção de gases (oxigênio, dióxido de carbono) no interior da carne.

Um outro ponto de controle é deterioração oxidativa de produtos cárneos que é resultado da degradação de gorduras da carne *in natura*. O mecanismo envolve a peroxidação de ácidos graxos insaturados e de fosfolipídios. Os fosfolipídios são particularmente mais susceptíveis aos processos de oxidação que causam um rápido desenvolvimento da rancificação no produto (GATELLIER *et al.*, 2001).

A taxa de oxidação lipídica, conseqüentemente também o grau de descoloração, podem variar com a luz, teor de oxigênio, tipo de fibras musculares e concentração de antioxidantes. Em experimento feito por HOUBEN *et al.* (2000), amostras expostas à luz e analisadas através do sistema de cor CIEL*a*b*, apresentaram os menores valores de a* em relação às amostras com mesma concentração de tocoferol mantidas sob ausência de luz.

O teor de oxigênio afeta diretamente a oxidação, tanto do pigmento quanto dos lipídeos, pois a reação é acelerada em presença de altas concentrações deste gás, a citar em carnes embaladas em filmes de alta permeabilidade a gases. As fibras musculares podem apresentar maior ou menor susceptibilidade à oxidação, por exemplo, as fibras vermelhas são mais sensíveis devido à maior atividade respiratória e elevado teor de ácidos graxos insaturados em relação aos músculos brancos.

O armazenamento no escuro ajuda a preservar cor vermelha da carne fresca. RENERRE (1990) descreveu que a luz tem papel fundamental na oxidação do pigmento e que sua energia catalisa a formação de MMb. A formação da MMb pode ser descrita em termos das taxas de oxidação (VENTURINI, 2003). A degradação da cor pode ainda estar associada com o calor dissipado pelas lâmpadas dos balcões expositores.

A luz branca fluorescente acarreta maior descoloração em relação à luz incandescente, devido à grande emissão de luz na região ultravioleta. BARBUT (2001) mostrou que a luz UV rapidamente descoloriu a carne ao expor a mesma sob lâmpadas fluorescentes, enquanto que sob a luz incandescente a carne apresentou cor vermelha mesmo após exposição de dois dias. Lâmpadas incandescentes e fluorescentes de 2690 lux de intensidade aceleram a taxa de oxidação dos pigmentos de carnes pré-embaladas (VENTURINI, 2003).

Influência da embalagem na coloração de carnes e produtos cárneos

Em carnes, a embalagem influencia a qualidade do produto final e durabilidade através da alteração do ambiente ao redor do produto, criando condições que retardam as reações de deterioração (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA, CANAVESI, 2001), incluindo as alterações de cor.

Para que a embalagem possa exercer essa influência, esta deve apresentar todos os requisitos básicos de conter e proteger o produto de danos mecânicos, das alterações físicas e químicas, e da contaminação microbiana. Além de não transmitir odor e sabor, necessita também apresentar propriedades de barreira específica a cada sistema (HEDRICK *et al.*, 1994). É importante salientar que as

embalagens têm como objetivo preservar a qualidade inicial da carne, não propondo o aumento da qualidade.

O sistema de embalagem de alta permeabilidade a gases consiste em colocar os cortes sobre bandejas de poliestireno expandido - PS, e envolvê-los com filme. Os filmes plásticos utilizados neste sistema possuem alta permeabilidade ao oxigênio, podendo ser o Policloreto de Vinila - PVC ou poliolefinicos coextrusados, esticáveis ou encolhíveis, com permeabilidade na faixa de 8.000 a 20.000 $\text{cm}^3(\text{CNTP})\text{O}_2/\text{m}^2/\text{dia}$ a 25°C e 1 atm que conferem uma vida-de-prateleira de 2 a 3 dias para carnes frescas em termos de coloração (SARANTÓPOULOS, 1991). Essa alta permeabilidade facilita a oxigenação da superfície da carne (*bloom*) e mantém a cor vermelha desejada pelos consumidores (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

Neste sistema de embalagem, a carga microbiana inicial poderá ser um fator determinante na vida útil da cor da carne, uma vez que estes microrganismos competem pelo oxigênio disponível e conseqüentemente, reduzem o tempo de permanência da OMB (HEDRICK *et al.*, 1994; MADHAVI e CARPENTER, 1993).

A embalagem a vácuo consiste na remoção quase que completa do ar do espaço-livre. Conforme Lambert *et al.* (1991), sobre um bom vácuo, o espaço-livre consiste em <1% de O_2 e 10-20% de CO_2 , devido ao consumo do oxigênio residual pela carne e pelos pigmentos. Para Hedrick *et al.* (1994), em níveis baixos de oxigênio, este gás penetra na camada superficial, resultando em formação de MMb que gradualmente é transformada em mioglobina pela atividade redutora do músculo ou pelos microrganismos que consomem o oxigênio remanescente. Recentemente, Mancini e Hunt (2005) definiram um teor residual de oxigênio de 0,05% para carne bovina que deverá ser mantida ao longo da estocagem.

O material de embalagem utilizado por este sistema deve apresentar boa barreira ao vapor de água e aos gases (O_2 e CO_2) com permeabilidade ao oxigênio em torno de 20 a 50 $\text{cm}^3(\text{CNTP})\text{O}_2/\text{m}^2/\text{dia}$ a 25°C e 1 atm. Os filmes de barreira mais utilizados são o copolímero de Etileno e Álcool Vinílico - EVOH e copolímero de Cloreto de Vinila e Cloreto de Polivinilideno - PVdC.

Para eficiência do sistema, devem ser verificados parâmetros do sistema como nível de vácuo aplicado no interior da embalagem que definirá o teor de oxigênio residual na embalagem em contato com o produto, caso a quantidade de oxigênio residual for elevada, sugere-se o uso de absorvedores de oxigênio (MANCINI e HUNT, 2005); hermeticidade de fechamento para manter o vácuo durante a distribuição e estocagem do produto; e temperatura de estocagem que irá reger a velocidade das reações de deterioração microbiológica e da cor (SARANTÓPOULOS, 1991; SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

Através do vácuo e da boa barreira ao oxigênio, é possível proteger a carne fresca do crescimento de microrganismos aeróbios de alto potencial de deterioração, reduzir a oxidação lipídica e conservar a DMb, a forma estável, mesmo durante a estocagem prolongada. Porém sua coloração púrpura restringe a aceitação do produto pelo consumidor, exigindo assim a exposição prévia ao ar para obter OMb (MANCINI e HUNT, 2006).

Produtos de aves curados, embaladas a vácuo têm benefícios devido à ação preservativa da adição de nitrito. Entretanto, o principal ponto crítico em produtos curados pode ser o uso extensivo de fosfatos alcalinos de sódio que apesar de aumentar as propriedades funcionais, pode diminuir os efeitos bacteriostáticos do nitrito. Estas áreas irão requerer novos estudos experimentais relacionados à extensão da vida útil e melhoria da segurança alimentar. Os efeitos de descoloração induzidos pela iluminação podem ser minimizados geralmente pela embalagem em filmes com taxa de transmissão de oxigênio entre 15 a 17 $\text{cm}^3/\text{m}^2/24\text{h}$ (at 23 °C, 0% UR, 1 atm) (SMITH e ACTON, 2001). O sistema de embalagem da atmosfera modificada consiste na substituição do ar atmosférico por uma mistura gasosa, exigindo assim características de material de embalagem similares a do vácuo.

A proporção ideal de gases pode variar conforme o produto e vida útil requerida. Normalmente, as atmosferas contêm de 70-85% de O_2 e 25-15% de CO_2 (ORDÓÑEZ e LEDWARD, 1977). A concentração de gases no interior de embalagens com atmosfera modificada depende de vários fatores associados ao sistema de acondicionamento, como a taxa de permeabilidade a gases do

material, hermeticidade da soldagem, área e volume da embalagem, volume do produto, características de absorção de gases do produto e temperatura de estocagem, além do nível de evacuação e da concentração inicial dos gases injetados para repor o ar removido (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001). A relação entre o espaço-livre e o peso do produto também é um fator importante a ser levado em consideração quanto à eficiência do sistema.

Comparativamente à embalagem a vácuo para carne fresca, a embalagem em atmosfera modificada exige uma etapa a mais de processo, referente à injeção da mistura gasosa, implica na utilização de material de embalagem rígido e em maior quantidade, devido à necessidade de grande volume de espaço-livre e requer maior espaço para estocagem refrigerada.

3.3.2. Formação da cor em carnes e produtos cárneos curados

A carne foi historicamente preservada pelo uso do sal em função do efeito inibitório à contaminação bacteriana bem como pela desidratação por efeito osmótico na superfície. O sal era aplicado sobre a carne e a prática era chamada de cura seca. Esses sais, frequentemente impuros, davam uma coloração vermelha amarronzada, como resultado de um avermelhamento da carne. O contaminante identificado era o nitrato. No final do século XIX, cientistas descobriram que as bactérias redutoras do nitrato geravam um íon nitrito que era o composto ativado em reações de cura. Entretanto, o nitrato só é utilizado para alguns processos de cura seca, ou prolongada (onde se utiliza nitrato de sódio). Atualmente, o nitrito de sódio (ou de potássio) é o principal ingrediente de cura utilizado (SAMS, 2001).

O nitrito, comercializado na forma de sal de potássio ou de sódio, é o aditivo mais utilizado para prover sabor e características próprias da carne curada. Segundo a SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (1998), a concentração máxima de nitrito no produto final é de 0,015 g/100g. Nos Estados Unidos, segundo o USDA (2005), a adição máxima permitida para o nitrito é de 0,0156 g/100g em embutidos.

Elevadas concentrações adicionadas de nitrito de sódio podem auxiliar na manutenção da cor do produto ao longo do armazenamento, porém atribui-se a este aditivo, efeitos carcinogênicos, quando combinado aos aminoácidos ou sob forma de aminas secundárias e primárias, sob temperatura elevada (CASSENS, 1979).

Essas limitações têm sido instituídas para reduzir o potencial de formação de nitrosaminas carcinogênicas. Para a redução de nitritos na formulação, a formação de nitrosaminas pode ser limitada garantindo um ambiente de redução adequado com o uso de ascorbato e/ou eritorbato de sódio que potencializam a conversão de nitrito a óxido nítrico (SAMS, 2001).

SAHIDI (1989) propôs que alguma combinação de agentes fosse utilizada para a prevenção da oxidação lipídica, com a exceção dos precursores do nitrito, poderia duplicar o papel antioxidantes do nitrito em um processo de cura.

Com os avanços tecnológicos na cadeia de refrigeração, a necessidade de preservar a carne simplesmente através da cura, com elevadas concentrações de sal, tornou-se secundária, e fatores como cor, textura, sabor e rendimento passaram a assumir maior importância (ROMANO 2001).

O composto óxido nítrico mioglobina tem uma coloração atrativa, vermelha brilhante e é o pigmento presente em carnes curadas antes do processo de aquecimento. A cor se estabiliza pela desnaturação do calor da porção protéica da mioglobina. O pigmento resultante é o nitrosohemocromo que é o responsável pela cor rosada característica da carne curada.

Há muitos mecanismos pelo qual o nitrito pode ser convertido a óxido nítrico. Em soluções aquosas, no pH da carne (5.5 a 6.0) a porção de nitrito esta presente como ácido nitroso (HNO_2). Nestes valores de pH, o ácido nitroso é decomposto a óxido nítrico, como mostrado na tabela abaixo:



Equação 1 - Decomposição do óxido nitroso (HNO_2) a óxido nítrico (HNO_3)

Esta redução também pode ocorrer pela atividade natural do tecido post mortem. Muitos substratos e enzimas, especialmente aquelas do ciclo do ácido tricarbóxico, estão presentes e ativas e podem prover elementos redutores equivalentes (átomos de hidrogênio e elétrons) tal como o NADH (NADH é a forma reduzida do dinucleotídeo adenina nicotinamida (NAD⁺)). Sob condições aeróbicas, estes redutantes são usados para o transporte da cadeia de mitocôndrias para redução do nitrito. Reações endógenas podem suprir parte da geração de óxido nítrico necessário para a formação de cor. Entretanto este processo é lento, e só pode produzir quantidades significantes de óxido nítrico em curas com tempo relativamente extenso (HEDRICK *et al.*, 1994).

A formação de óxido nítrico pode ser sensivelmente acelerada pela adição de agentes redutores a mistura de cura. Estas reações não são bem entendidas, porém envolvem o equilíbrio em que há a doação de elétrons ao nitrito, gerando a formação de óxido nítrico. Os sais de sódio de ácido ascórbico ou ácido eritórbico, são os mais utilizados como acelerados de cura (HEDRICK *et al.*, 1994).

A reação final é a formação do nitrosohemocromo e envolve desnaturação da porção protéica da mioglobina, porém resulta na estrutura heme intacta com óxido nítrico inserido. A desnaturação é causada pelo processo de aquecimento. Com um aquecimento continuado, entretanto, a porção globina do pigmento pode ser liberada tornando o complexo heme capaz de se ligar a outra molécula. A cor do pigmento desnaturado é mais estável que o do pigmento nativo (HEDRICK *et al.*, 1994).

3.3.2.1. Fatores que influenciam a estabilidade de cor em produtos cárneos curados

Varias pesquisas que embasam o estudo da descoloração de produtos cárneos e curados (DRAUDT e DEATHERADGE, 1955; FOX, 1966; GREENE *et al.*, 1971), trouxeram subsídios para presentes estudos (MARTINEZ *et al.*, 2007; LAWRENCE *et al.*, 2004; YU *et al.*, 2002).

A estabilidade da cor de um produto curado está diretamente relacionada à manutenção e concentração de nitrosohemocromo no produto final. A aplicação

de tratamentos térmicos mais agressivos possibilita uma maior conversão do pigmento óxido nítrico mioglobina em nitrosohemocromo (SCHMELZER-NAGEL & AMBIEL, 1988). O pigmento nitrosohemocromo, apesar de termoestável, é susceptível a reações de oxidação que resultam na formação de porfirinas verdes, amarelas ou sem cor (BARBUT, 1998).

Estas reações oxidativas são promovidas pela presença de agentes oxidantes (Ferro III) ou pela ação conjunta da luz e oxigênio, processo este denominado fotoxidação (ANDERSEN *et al.*, 1989) que pode ser dividido em duas etapas: inicialmente tem-se a dissociação do óxido nítrico do grupo heme induzida pela luz e catalisada pela presença de oxigênio (ANDERSEN *et al.*, 1988).

Em seguida, a oxidação do óxido nítrico promovida pelo oxigênio é intensificada pela luz, que serve como fonte de energia para reação. Nitrosohemocromo e óxido nítrico mioglobina são muito suscetíveis à descoloração pela luz. Isto ocorre quando as amostras estão expostas a uma forte iluminação fluorescente (HEDRICK *et al.*, 1994). Isso deixa a carne curada mais suscetível à perda de cor pela luz que as carnes frescas (LAWRIE, 1985). Esse processo também pode ocorrer no interior do produto na ausência de luz, entretanto a velocidade de reação é bastante lenta, quando comparada a que ocorre na superfície do produto (FOX, 1966).

ANDERSEN *et al.* (1988) estudaram o efeito das condições de iluminação e estocagem na estabilidade de cor de presunto fatiado. Para todas as combinações de níveis de vácuo, transmissão da taxa de oxigênio e permeabilidade à luz UV da embalagem, a luz causou pronunciado efeito na cor da superfície no presunto exposto. Em relação ao vácuo, produtos embalados com 85% de vácuo alcançaram uma intensidade de coloração mínima após 8 horas, enquanto que a descoloração foi menos severa e parou após 5 horas para o presunto estocado com 99% de vácuo.

MARTINEZ *et al.* (2007) estudaram a ação de diferentes fontes de luz sobre embutidos de carne suína adicionadas com diferentes quantidades de antioxidantes e concluiu que as lâmpadas fluorescentes, comuns em supermercados, foram as mais deletérias para a vida útil do produto, diminuindo a

vida útil de 12 para 8 dias, principalmente pela descoloração prévia do produto. Aplicando um filtro UV de policarbonato estendeu a vida útil para 12 dias, enquanto que usando uma lâmpada balanceada para baixa emissão de raios UV não foi efetiva na proteção à descoloração.

SEYFERT *et al.* (2006) estudaram a adição de lactato de potássio em um embutido fresco suíno sob iluminação (lâmpada fluorescente 2150 ± 100 lux). Os efeitos da luz foram pronunciados, a emulsão com 10 dias sob iluminação apresentou maior descoloração que a amostra iluminada com 3 dias e sem iluminação por 7 dias. Mas com a adição de 3% de lactato de potássio as amostras com 10 dias de estocagem sob iluminação sofreram a mesma descoloração que uma amostra com 0% acondicionada no escuro por 7 dias e com luz por 3 dias, deste modo lactato de potássio auxiliou na manutenção da cor.

Muitos autores têm estudado o efeito da iluminação sobre a coloração de diversos produtos cárneos. CARBALLO *et al.* (1991) estudaram o efeito de diferentes condições de luz (escuro e exposição à luz) sobre a estabilidade, conversão de nitrito adicionado e rancidez oxidativa em uma mortadela de carne suína fatiada embalada a vácuo em função da temperatura de estocagem (0 ± 1 °C e 7 ± 1 °C). As perdas de coloração no período de estocagem foram mais dependentes da luz do que da temperatura que influenciou principalmente pelo crescimento microbiano que também afeta o oxigênio disponível.

A luz fluorescente, encontrada em maior incidência nos estabelecimentos comerciais, é conhecida por afetar à cor e causar uma descoloração mais rápida que a exposição em luz incandescente a uma mesma intensidade. O problema é normalmente mais pronunciado em produtos cozidos acondicionados em embalagens transparentes.

O produto, com o tempo de estocagem para venda final, torna-se mais claro (maior valor L^*) e menos vermelho devido à oxidação de pigmentos da carne. Para retardamento desse processo, os frigoríficos recomendam aos varejistas que façam a realocação constante das bandejas nos balcões de forma a minimizar o efeito da luz nos fatiados e usar embalagens com proteção à luz UV ou que

utilizem embalagens opacas com ou sem uma pequena janela para visualização do produto (BARBUT, 2002).

Alguns defeitos podem ocorrer pelo mau processamento e estocagem de produtos curados. A queima pelo nitrito (*nitrite burn*) pode ser causada em produtos cozidos que foram injetados e curados de maneira errônea. Isto é causado por problemas no injetor e mais tarde é observada a descoloração onde os níveis de nitrito foram muito altos. Este é um defeito distinto que pode vir acompanhado de áreas não curadas pelo nitrito, mostrando a cor acinzentada da mioglobina desnaturada.

A formação de manchas verdes ou amarelas pode ser causada pelo desenvolvimento de microrganismos. Por exemplo, uma espécie de *Streptococcus* pode causar manchas de coloração amarela que irão inicialmente aparecer na superfície com coloração mostarda. Esta mudança de coloração torna o produto não atraente e potencialmente perigoso ao consumidor. No caso do *Streptococcus sp*, a contaminação pode ocorrer depois do cozimento porque o microrganismo é levemente sensível ao calor e é destruído sob procedimentos de cozimento normal (WHITELEY e D'SOUSA, 1989). Contaminação cruzada através de equipamentos de fatiamento, pessoas e ar podem espalhar o microrganismo em muitas embalagens.

Anéis verdes em salsichas podem indicar um procedimento impróprio de cozimento do produto. Esse defeito indica que a temperatura de cozimento interna ideal não foi atingida, e o microrganismo capaz de quebrar o anel heme ainda está ativo. O aparecimento do anel verde de embutidos pode indicar o uso de carnes com alta carga microbiana. Nestes casos, os microrganismos podem oxidar o anel heme mesmo antes da operação de cozimento começar (antes da destruição da bactéria) (BARBUT, 2002).

3.3.3. Avaliação instrumental da cor de produtos cárneos

A cor é um atributo de percepção e interpretação subjetiva. Por causa disso, há uma grande variedade de métodos para se expressar a cor, sendo a expressão verbal da cor algo muito complicado e vago. Entretanto, existem padrões de cor que ajudam na comunicação da cor de modo mais preciso simples e exato. Tipos de fontes de iluminação, o observador, área de visão, cor da base em que o produto a ser medido está posicionado e direção de visão do observador, são variáveis que são padronizadas em uma medida instrumental.

Em 1905, um artista norte americano A.H. Munsell sugeriu um método para expressão de cores que utilizava um grande número de cartelas coloridas classificadas de acordo com o Hue (Munsell hue), luminosidade (valor de Munsell), e saturação (cromaticidade de Munsell) para comparação visual com um padrão de cor. Mais tarde o sistema foi atualizado para um novo sistema de Munsel baseado em uma combinação de letras e números (H V/C) em termos de hue (H), valor (V), e Cromaticidade (C) avaliada visualmente pelo uso dos cartões de cor de Munsell.

O CIE (*Commision Internationale de L'Eclarirage*) desenvolveu métodos para descrever a cor numericamente. Os mais conhecidos, foram o baseado em valores do espaço de cor de triestímulo XYZ, sugerido em 1931, e o espaço $L^*a^*b^*$ sugerido em 1976 por prover diferenças de cor uniforme em relação às diferenças visuais.

Os métodos mais utilizados para medição da cor é o de um colorímetro por reflectância. Ele elimina alguns problemas como a diferença entre observadores, fonte iluminante, diferenças entre a base de leitura e ângulo de luz. A cor detectada pelos olhos é o resultado da combinação de muitos fatores. Há três atributos, para qualquer cor específica, conhecidos como hue (tom vermelho e amarelo), chroma (saturação) e value (luminosidade) (McDOUGALL, 1994; CORNFORTH, 1994).

Utilizando o sistema $L^*a^*b^*$, porém representando através de coordenadas cilíndricas, o espaço de cor L^*C^*h , onde L é luminosidade, C^* é a cromaticidade

ou saturação (varia de 0 e aumenta de acordo com o distanciamento do centro) e o h que é o ângulo de tonalidade (na abscissa $+a^*$ (0°) é vermelho e no eixo $+b^*$ (90°) é amarelo) (MINOLTA, 1994). A variação da coloração através dos dois eixos é mostrada na Figura 4, lembrando que as coordenadas de coloração de carnes e produtos cárneos normalmente ficam no primeiro quadrante (a^* e b^* entre 0° a 90°), com o ângulo de tonalidade variando de vermelho a amarelo.

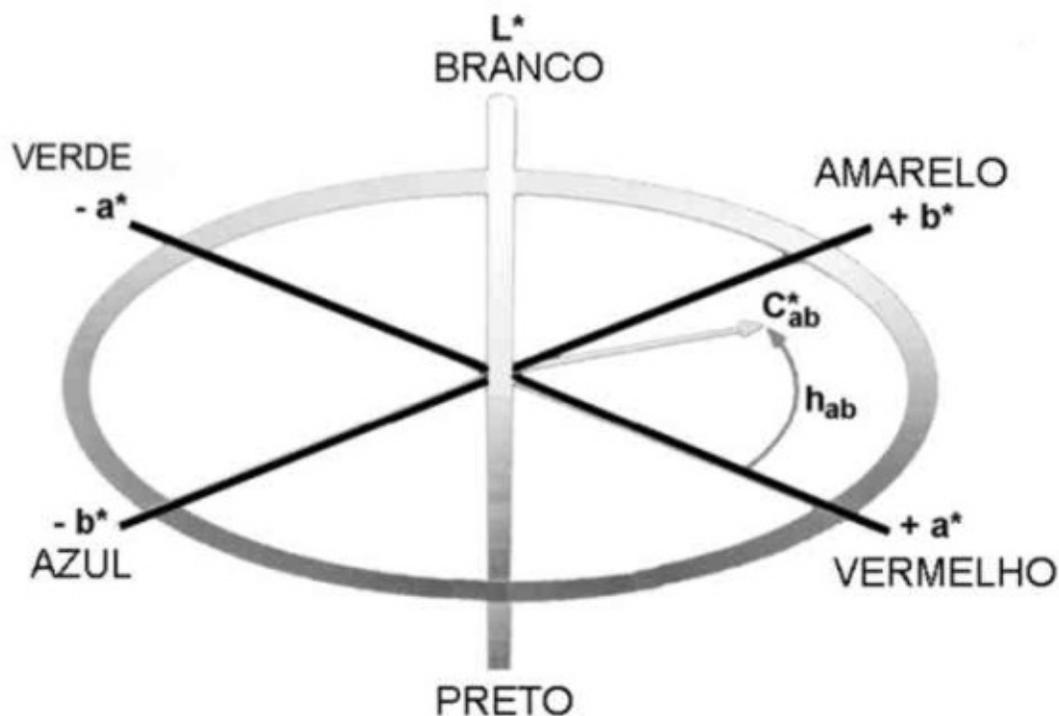


Figura 4 – Padrão CIE $L^*a^*b^*$ e L^*C^*h (Adaptado de HUNTERLAB, 2007)

A saturação é o vetor resultante das medidas de a^* e b^* e o ângulo de *tonalidade* é o ângulo resultante da tangente entre os parâmetros b^* e a^* :

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

Equação 2 - Cálculo da cromaticidade

$$h_{ab} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Equação 3 - Cálculo do ângulo de tonalidade

Diversos autores utilizam a medição de cor instrumental para analisar a descoloração em produtos cárneos, como hambúrgueres (GEORGANTELIS *et al.*, 2006), carne suína e derivados (HAAK *et al.*, 2006; MARTINEZ *et al.* 2006; ANDERSEN *et al.*, 1988) e carne bovina (NAVEENA *et al.*, 2006; LAWRENCE, 2003).

Para produtos cárneos, a medida de variação da intensidade da coloração vermelha é muito utilizada como avaliação da descoloração em relação ao tempo de estocagem (NEVES, 2001; ROMANO, 2001; CARBALLO,1991).

No sistema L*a*b* é possível calcular a variação global de cor (ΔE). Esta medida indica o módulo da diferença de cor, porém não mostra de que modo a cor difere da outra, por exemplo, se é mais vermelha ou mais amarela que a outra.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$$

Equação 4 - Cálculo da variação global de cor

No sistema de cor L*C*h, a diferença ΔC^* é muito utilizada indicando se a amostra é mais pálida ou menos saturada que a outra. A variação de ΔC^* é medido pela variação da saturação final menos a inicial.

A diferença no ângulo de tonalidade indica se uma amostra é menos colorida que a outra, ou seja, no caso de produtos cárneos, se a amostra com o tempo de estocagem tiver um ângulo positivo ela ficou mais amarela (90°), ou seja, menos vermelha (0°) (MINOLTA, 2007). A equação da variação do ângulo de tonalidade contempla como variável as variações de a*,b* e a cromaticidade.

$$\Delta H = \sqrt{(\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} - \Delta C^2)}$$

Equação 5 - Cálculo da variação do ângulo de tonalidade

Na indústria de alimentos, medidas de cor são usadas como um importante controle de qualidade (BARBUT, 2002). No caso de aves, a cor é muito importante para os consumidores que têm alguma expectativa sobre o produto. Em certas partes do mundo, a cor bem clara da pele do frango é desejada, enquanto que em outras partes, uma pele amarelada é preferida.

Para avaliação instrumental da cor da carne, cada equipamento oferece uma variedade de opções que permitem aos cientistas escolherem entre muitos sistemas de cor (Hunter, CIE, e Triestímulo), fontes iluminantes (A, C, D65, e ultraluminescente), grau de observação (2° e 10°) e distanciamento do foco (0,64-3,2 cm) (MANCINI e HUNT, 2005).

A perda de coloração em produtos curados é causada geralmente pela exposição à luz o que pode resultar na oxidação do pigmento cárneo e formação de porfirina oxidada de cor amarelada. O problema é mais pronunciado em produtos com embalagem transparente.

A descoloração pode ocorrer pela ação das bactérias que desenvolvem uma coloração verde ou amarelada na superfície do produto. Contaminação cruzada no equipamento de fatiamento, por pessoas ou contaminação pelo ar pode espalhar microrganismos para várias embalagens. Isto permite que o microrganismo se desenvolva em algumas semanas (à temperatura de refrigeração), podendo indicar que o problema aparecerá durante a distribuição e venda do produto (BARBUT, 2002; TOWSEN E BARD, 1971).

3.3.4. Oxidação lipídica e qualidade de produtos cárneos

Oxidação lipídica é um mecanismo mediado por radicais livres e iniciado pelos componentes altamente insaturados das membranas celulares (MORRISSEY & KERRY, 2005). Trata-se de um dos fatores mais importantes que afetam a qualidade e aceitabilidade da carne e produtos cárneos. Em carnes cozidas e estocadas estas reações causam *off-flavors*, como o sabor de requentado, denominado do termo em inglês *Warmed over flavour*_(WOF) (GRAY *et al.*, 1996).

Além disso, este processo resulta em perdas nutricionais significantes (perda de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais) e perdas das qualidades sensoriais (cor, textura e sabor), limitando o tempo de prateleira (AGUIRREZABAL *et al.*, 2000; MADSEN & BERTELSEN, 1995).

A oxidação irá limitar a vida útil do produto exposto ao oxigênio sob condições onde a deterioração microbiana é prevenida ou reduzida, com a refrigeração ou congelamento (SAVIC, 1985). Ácidos graxos insaturados se oxidam na presença de luz e oxigênio, reação catalisada por íons metálicos, entre eles o ferro, que pode estar associado ou não ao grupo heme (KANNER *et al.*, 1988).

A incorporação de gorduras com alto teor de peróxidos orgânicos em preparações cárneas resulta em uma maior instabilidade da cor do produto final (TOWNSEND & BARD, 1971). A oxidação de lipídios é a principal causa de deterioração em produtos derivados de aves, uma vez que estes contêm grandes quantidades de ácidos graxos insaturados (SALIH *et al.*, 1989; MACRAE *et al.*, 1993).

A oxidação de lipídios insaturados depende da ativação do oxigênio ($X\cdot$) através de três diferentes caminhos. O caminho clássico, que ocorre mesmo sem a presença de luz, é conhecido como autooxidação ou oxidação lipídica térmica com a formação de radicais livres intermediários (radicais de Hidroperóxidos $ROO\cdot$). Para óleos e gorduras envolve a catálise por traços de compostos metálicos, e para fluidos biológicos como leite e sangue, envolvem enzimas como molibdênio contendo xantina oxidase, cobre-zinco contendo dismutase superoxidativa, e o ferro contendo peroxidases.

O segundo caminho é realizado pelas lipoxigenases que são enzimas que catalisam a liberação de íons Ferro não heme através da desoxigenação de ácidos graxos insaturados e estão amplamente dispersas no reino animal e vegetal.

O terceiro caminho é a fotooxidação que ocorre na presença de luz, os ácidos graxos insaturados podem formar hidroperóxidos pela reação com um oxigênio singlete, que é originado pela oxidação de moléculas fotosensíveis

(clorofila, mioglobina, eritrosina e outros pigmentos, riboflavina e íons metálicos) (CARLSEN *et. al.*,2005).

A rota clássica da autoxidação de lipídios insaturados inclui as etapas de iniciação (produção de radicais livres de lipídios), propagação e reações de terminação (produção de produtos não-radicaís). Na etapa inicial ocorre a retirada de um átomo de hidrogênio por espécies reativas (O_2^- , H_2O_2 , $LO\cdot$), geralmente iniciada pela exposição de lipídios à luz, calor, radiação ionizante ou íons metálicos (SAHIDI e NACZK, 2004; GORDON, 2005; GUILLEN-SANZ e GUZMAN-CHOZAS, 1998).

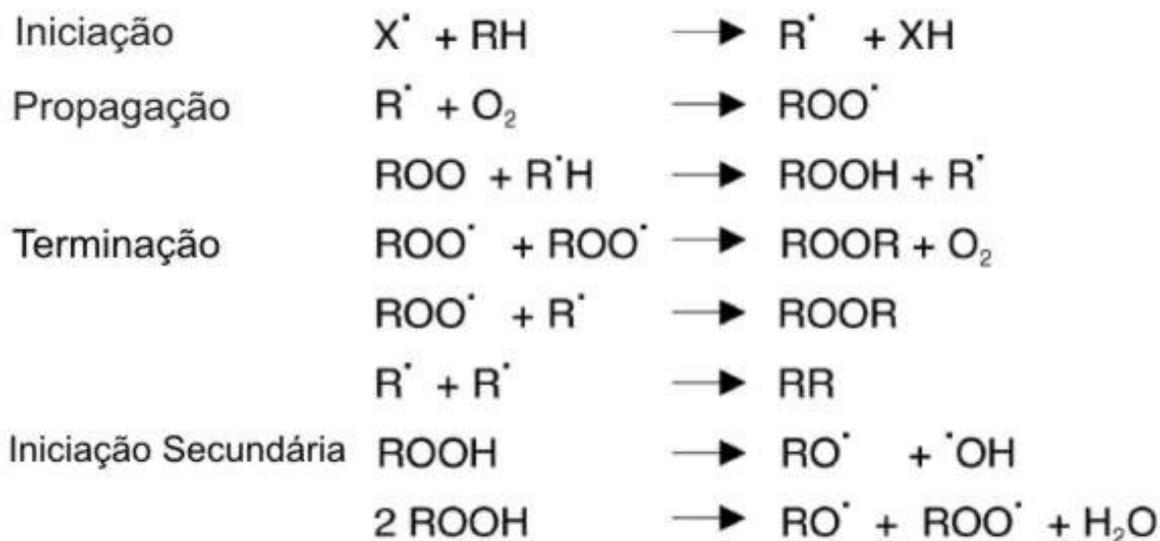


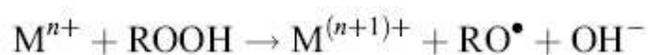
Figura 5 - Mecanismo de autoxidação (adaptação de GORDON, M.H. 2005)

O primeiro produto formado é um intermediário sem odor hidroperóxido (ROOH). Estes compostos são altamente instáveis, sendo decompostos em aldeídos, porém também em cetonas e hidrocarbonetos. Álcoois também são formados, porém estes não contribuem para a formação do sabor a ranço, característico do *WOF*.

A catálise da oxidação e descoloração pelo Ferro ocorre principalmente na oxidação térmica devido aos compostos férricos em organismos aeróbicos

estarem envolvidos no transporte de oxigênio, estocagem de oxigênio e ativação do oxigênio através dos pigmentos Heme (SKIBSTED *et al.*, 1998)

Pigmentos heme, incluindo mioglobina e hemoglobina, podem sob condições de falta de oxigênio, queda de pH, ou flutuação abrupta do estoque de oxigênio nos tecidos tornar-se catalíticos para a oxidação. A oxidação pelo Ferro Heme potencialmente envolve a transferência de um a dois elétrons e os mecanismos catalíticos são diferentes dos mecanismos da oxidação pelas lipoxigenases com diferentes tipos de ligações moleculares para o ferro (CARLSEN *et al.*, 2005).



Equação 6 - Mecanismo de ação dos metais na oxidação (CARLSEN *et al.*, 2005)

Assim, a mioglobina pode ser classificada como um reator bioquímico que catalisa reações entre pequenas moléculas de O₂, NO, HNO e H₂O₂, e que estão envolvidas em reações de radicais livres em organismos aeróbicos. Isso ocorre através da ligação entre o Fe⁺³ com essas estruturas formando assim radicais hidroperóxidos (CARLSEN *et al.*, 2005)

3.4. Antioxidantes em produtos cárneos

A principal justificativa para o uso de antioxidantes é estender a vida útil de produtos alimentícios e reduzir perdas através da inibição e retardamento do processo de oxidação e conseqüentemente aumento da estabilidade de cor.

Os antioxidantes podem ser classificados como depressores de radicais livres, quelantes de íons metálicos, ou seqüestrantes de oxigênio. Antioxidantes secundários, também são conhecidos como antioxidantes preventivos, funcionando com o retardamento da velocidade de formação da cadeia pela quebra de hidroperóxidos.

Tais compostos têm sido alvos de interesse dos profissionais da saúde pelo auxílio na proteção contra os danos causados pelos oxigênios livres reativos, entre outros elementos, associados às doenças degenerativas (SAHIDI e NACZK, 2004).

Esse fato incrementou as pesquisas sobre os antioxidantes naturais, com especial interesse nos compostos fenólicos, presentes no Alecrim, Salvia, orégano (Família *Labiatae*) (POKORNY, 1991; SAHIDI e NACZK, 2004) e organosulfurados, presentes em grande quantidade em plantas da Família *Allium*, como cebola e alho (SASIKUMAR, 2004; MILNER, 2001; DUKE, 2003). Estes são antioxidantes primários que atuam diretamente como supressores de radicais livres, estendendo a fase de iniciação da oxidação e atuando de forma semelhante aos antioxidantes sintéticos (CUVELIER *et al.*, 1996; HOULIHAN *et al.*, 1984; LAI *et al.*, 1991).

Antioxidantes agem através da reação em cadeia com os radicais de peróxidos ($ROO\cdot$) formados durante o processo de aquecimento e variação de temperatura (SANS E GUZMAN-CHOZAS, 1998). Os compostos fenólicos interferem pela rápida doação de um átomo de hidrogênio aos radicais de lipídios dissociados.

Testes como o índice de peróxidos, ácidos graxos livres, anisidina, Kreis, TBA (ácido 2-tiobarbitúrico), valor totox (valor total de oxidação) e compostos voláteis são utilizados no controle da qualidade de óleos, gorduras e produtos que os contenham, por fornecerem informações valiosas e essenciais a respeito do estado oxidativo, na predição da rancidez do alimento analisado. Apesar de suas limitações, o método mais usual na avaliação da oxidação de lipídios em carnes e produtos cárneos é o teste de TBA, devido à simplicidade e rapidez (OSAWA *et al.*, 2005)

O teste do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) e o teste de para-anisidina medem o total de carbonilas (malonaldeído), ou compostos seletivos de carbonila e a ocorrência de odores do *off flavour* devido à formação de produtos voláteis de decomposição de hidroperóxidos por meios objetivos e subjetivos são usados extensivamente (SAHIDI, 1998).

O malonaldeído (MDA) é um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo – o MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3 (ANGELO, 1996). A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído, produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda. A formação do composto TBA-MDA, na proporção de 2:1, é possivelmente iniciada pelo ataque nucleofílico, envolvendo o carbono 5 do TBA e o carbono 1 do MDA, seguido de desidratação e reação similar subsequente de composto intermediário com uma segunda molécula de TBA, na proporção de 1:1. A quantificação de malonaldeído é feita a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas de malonaldeídos. Os padrões mais frequentemente utilizados são 1,1,3,3 – tetrametoxipropano (TMP) e 1,1,3,3- tetraetoxipropano (TEP) que, nas condições ácidas do teste, sofrem hidrólise, resultando na liberação do malonaldeído. Os resultados são expressos em unidades de absorvância por unidade de massa de amostras ou em "valor de TBA" ou "número de TBA", definidos como a massa, em mg, de malonaldeídos por Kg de amostra (OSAWA *et al.*, 2005, TARLADGIS *et al.*, 1960).

Muitos componentes de alimentos incluindo as proteínas, compostos de cor de *Maillard* e produtos de degradação do açúcar afetam os seus resultados. Para dar ênfase à falta de especificidade, os valores obtidos no teste são comumente descrito com TBARS (índice das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico). Esta determinação foi revisada recentemente por OSAWA *et al.* (2005), e GUILLEN-SANS E GUZMAN-CHOZAS (1998).

Particularmente para carnes, pescados e derivados, a informação do número de TBA é bastante relevante. Na elaboração de produtos cárneos, processos que incluem moagem, mistura e cozimento favorecem a formação do malonaldeído, sendo fundamental o emprego do teste na avaliação na qualidade do produto final (GRAY, 1978; RAHARJO *et al.*, 1993; HAMILTON e ROSSEL, 1958) .

Assim como a determinação de substâncias reativas ao TBA (TBARS) (ácido 2-tiobarbitúrico), alguns testes são utilizados no controle de qualidade de óleos, gorduras e produtos que os contenham, por fornecerem informações essenciais a respeito do estado oxidativo, na predição da rancidez do alimento. Particularmente para carnes, pescados e derivados, a informação do número de TBA é bastante relevante, especialmente quando associado à análise sensorial. O teste de TBA quantifica as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico expressos como MDA, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo (OSAWA *et al.*, 2005).

Embalagens a vácuo ou sob gás inerte de forma a excluir oxigênio, tal como em refrigeração ou congelamento, podem reduzir a taxa de autooxidação (DZIEDZIC e HUDSON, 1983). Em estudo realizado por SIU e DRAPER (1978) com vários tipos de carnes e produtos cárneos, as curadas apresentam menores concentrações de malonaldeído (<1 mg/Kg), enquanto que maiores concentrações foram encontradas em carnes cozidas de frango, suínas e bovinas. Entre as carnes frescas, as carnes de frango e suína contêm teores menores de malonaldeído que as carnes bovinas, de cordeiro e vitela. Já para os pescados, as amostras frescas possuem menores concentrações de malonaldeído que as amostras congeladas.

Para a indústria de alimentos, a detecção de *off-flavours* pelo sabor ou aroma é o principal método para decidir quando o alimento com lipídeos não está bom para o consumo. Para carnes e peixes, os aromas de oxidado são normalmente detectados a valores baixos de hidroperóxidos. O método de TBA é também comumente aplicado com o objetivo de detectar deterioração neste tipo de alimento. Porém, as diferentes percepções sensoriais naturalmente presente entre os provadores, causam uma alta variabilidade dos resultados (GORDON, 2004).

GRAY e PEARSON (1987) mostraram que o *flavor* de rancidez é inicialmente detectado em produtos cárneos para valores entre 0,5 e 2,0 mg de

MDA/ Kg de amostra. TARLADGIS *et al.* (1960) sugerem que a oxidação foi percebida com o TBARS no intervalo de 0,5-1,0 em carnes suínas.

Há poucas dúvidas sobre o fato de que alterar as concentrações de substrato (ácidos graxos poliinsaturados) e antioxidantes no animal vivo é um bom caminho para maximizar a estabilidade oxidativa. Alguns antioxidantes podem efetivamente funcionar como pró oxidantes sob certas condições, e é importante avaliar as interações entre eles e a eficiência dos multicomponentes, sistemas antioxidantes bifásicos no músculo esquelético durante processo. A deterioração oxidativa pode diminuir pela combinação da suplementação da dieta alimentar, e desenvolvimento de um sistema de processamento mínimo e sistemas de embalagem que ajudem a manter favorável o balanço antioxidante – pró oxidante (MORRISSEY e KERRY, 2004).

A oxidação lipídica pode ocorrer durante a estocagem dos alimentos crus, processados ou no tratamento térmico e é um dos processos que causa rancidez, mudança na cor e textura, deixando *WOF* do produto. Antioxidantes Sintéticos, como BHA, BHT e galatos foram introduzidos nos anos de 1940. Nos anos recentes, tem tido uma enorme demanda por antioxidantes naturais principalmente por relatórios com adversidades toxicológicas de muitos antioxidantes sintéticos. Logo, muitas das recentes investigações têm focado na procura dessas novas fontes de antioxidantes. Muitos antioxidantes naturais como flavonóis, catequinas, antioxidantes do alecrim e extratos de ervas tem sido noticiadas por ter atividade maior que BHA, BHT ou tocoferóis em sistema modelo (MIKOVA, 2001).

Para o uso em derivados de carne, o BHA, BHT são os mais comuns. No Brasil, é permitida a concentração máxima de 0,01 g/100g, sobre base gordurosa (BRASIL, 1998). Na União Européia, permite-se 100 mg/Kg de amostra para o BHA (expresso em gordura) e 200 mg/Kg de amostra para BHT e galatos (expresso em gordura); quando utilizados juntos a proporção deve ser reduzida proporcionalmente. Nos Estados Unidos, os usos de BHA e BHT não podem ultrapassar 0,01 mg/g de amostra, podendo chegar a 0,02 mg/g quando utilizado em associação (MIKOVA, 2001). Entretanto, nos últimos anos os consumidores

têm sido mais relutantes em relação à adição de conservantes sintéticos, pois acreditam serem prejudiciais à saúde (BARRETO *et al.*, 2006; IQBAL *et al.*, 2005).

3.4.1. Antioxidantes naturais

As indústrias alimentícias têm demonstrado interesse na identificação de plantas para atuarem como antioxidantes naturais como no caso dos temperos e ervas que não somente agem como antioxidantes, antimicrobianos, mas também são flavorizantes, corantes e atuam como condimentos proporcionando um sabor diferenciado ao produto (BARRETO *et al.*, 2006; SALLAM *et al.*, 2004).

A crescente presença de grupos étnicos nas comunidades tem aumentado a exposição a muitas culturas diferentes, alimentos e ingredientes. Cozinhas asiáticas e hispânicas são muito complexas e têm uma grande variedade de sabores, assumindo grande parte dos costumes atuais de alimentação. Estas culturas trouxeram familiaridade a temperos como gengibre e canela. Também surge o capim limão, páprica, erva de santa-maria, entre outras especiarias. A demanda por especiarias irá aumentar, não somente em volume, mas também em variedade, havendo evolução na natureza dos alimentos prontos, se apresentando em estilos como o latino americano e asiático (UHL, 2000).

Os condimentos possuem muitas funções. Sua utilização primária está no desenvolvimento de sabor, aroma e cor aos produtos. Também podem oferecer efeitos secundários, como conservantes, nutrientes e para melhoria da saúde (UHL, 2000). Estão incluídas em muitas culturas como egípcios, romanos, indianos, gregos, chineses e americanos nativos, nas cidades, realezas, preservando alimentos e prevenindo doenças e infecções por suas funções preservativas, tal como antimicrobianas ou antioxidantes (POKORNY, 1991; UHL, 2000; MILNER, 2001).

É sugerido que uma quantidade ideal de antioxidante alimentício poderia ser seguro, não afetando cor, odor ou sabor, ser efetivo a baixas concentrações, sendo simples para incorporar, sobreviver após o processo, e se estável após o produto acabado tal como, disponível a baixos custos (COPPEN, 1983). Plantas

ricas em taninos, terpenóides, alcalóides, flavonóides, e componentes sulfurosos têm sido citadas particularmente efetivas (MILNER, 2001).

Publicações recentes apresentam a atividade antioxidante de outros condimentos através da medida da capacidade redutora de alguns radicais livres, principalmente o DPPH[·] (2,2 – difenil-β- picrilhidrazil) e O ABTS^{·+} (2,2- azino- bis(3- etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (MARIUTTI, 2006; SAHIDI e NACZK, 2004).

Pesquisas nesse contexto evidenciaram que extrato metanólico de cebola desidratada apresentou maior atividade redutora de radicais livres do que extratos de alho desidratado (NUUTILA *et al.*, 2003), enquanto MILLER *et al.* (2000) reportou maior atividade para extratos de alho *in natura* do que para extratos de cebola *in natura*.

MARIUTTI *et al.* (2006) encontraram atividade antioxidante dos extratos analisados pelo DPPH[·], expresso em EC₅₀, uma ordem de atividade antioxidante dos temperos de sálvia > alecrim > tomilho > orégano > manjerona > segurelha > alho > manjeriço > cebola.

O uso de antioxidantes em alimentos é regido por regulamentos de cada país ou padrões internacionais. Embora muitos compostos naturais e sintéticos tenham propriedades antioxidantes, somente alguns podem ter o título de reconhecido como segura (do inglês GRAS – *Generally Recognized as Safe*).

TOMAINO *et al.* (2004) testaram a atividade antioxidante de óleos essenciais sob diferentes temperaturas. O teste utilizado é o ensaio de DPPH e a ordem de efetividade foi cravo > canela > noz-moscada > manjeriço ≥ orégano ≥ tomilho.

Antioxidantes sintéticos como BHA, BHT e galatos foram introduzidos nos anos 40. Recentemente, há uma demanda enorme por antioxidantes naturais principalmente por causas de relatórios toxicológicos adversos de muitos compostos sintéticos. Então, muitas investigações têm focado a identificação de produtos novos de fontes naturais (compostos fenólicos e terpênicos de plantas). Análogos sintéticos ou derivados de alfa-tocoferol que tem melhores propriedades antioxidantes podem ser introduzidos.

Alguns estudos relatam que o consumo de compostos fenólicos exerce efeito positivo na saúde humana reduzindo o risco do desenvolvimento de doenças coronárias e na redução do risco de alguns tipos de câncer (HERTOG *et al.*, 1993; BRAVO, 1998). A organização Mundial de Saúde estima que 80% da população mundial usam extratos vegetais ou seus componentes ativos, como os terpenóides, para cuidados primários com a saúde (MARIUTTI *et al.*, 2006).

3.4.2. Alecrim

O Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), família *Lamiaceae*, é uma erva aromática perene de 90-200 cm de altura com folhas pequenas e pontiagudas. Cresce na Algéria, China, França, Hungria, Itália, Oriente médio, Marrocos, Portugal, Espanha, EUA. França, Espanha e Tunísia são importantes produtores de óleo de alecrim, sendo a produção anual de óleo aproximadamente 200-300 milhões de toneladas (MIKOVA, 2004).

Alecrim é um dos mais eficientes temperos, amplamente usado no processamento de alimentos. É o único tempero disponível comercialmente como antioxidante na Europa e EUA e representa um dos maiores potenciais para a supressão de sabor de requentados (WOF). Entretanto, pelo uso inicial por agentes de aroma, extratos de alecrim não são tecnicamente listados como preservativos, conservantes naturais ou antioxidantes (YANISHLIEVA-MASLAROVA e HEINONEN, 2001). Sua atividade antioxidante do extrato de alecrim é conhecida há mais de 30 anos, e a atividade dos compostos foi elucidada. A principal substância ativa é o carnosol (POKORNY, 1991).

Os compostos antioxidantes presentes no extrato são diterpenos (epirosmarinol, isorosmanol, rosmaridifenol, rosmariquinona e ácido rosmarico), ácido carnósico, ácido 12-metoxicarnosico e carnosol (RICHHEIMER *et al.*, 1996). Rosmaridifenol (a 0,02%) tem mostrado atividade antioxidante similar ao BHT no mesmo nível em toucinho suíno. Em gorduras animais, o ácido carnósico tem sido descrito como o mais ativo constituinte antioxidante do alecrim (SAHIDI e NACZK, 2004).

Além da descrita ação antioxidante, esta erva aparece como uma fonte potencial de molécula anticâncer, alimento funcional, botânico nutracêutico e pesticida funcional. Embora, antioxidantes naturais podem ser usados na extensão da vida útil de produtos cozidos de aves, entre eles o alecrim é muitas vezes a primeira opção dos produtores de alimento (RACANICCI *et al.*, 2004; BELTRAN *et al.*, 2004; NISSEN *et al.*, 2000).

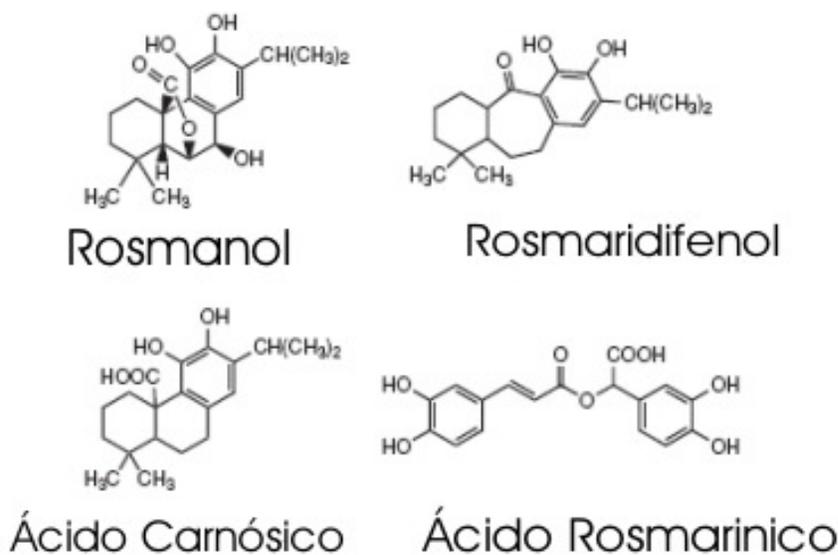


Figura 6 - Estruturas químicas de compostos antioxidantes de alecrim (SAHIDI e NACKZK, 2004)

BRAGAGNOLO *et al.* (2005) concluíram que o extrato de alecrim é eficiente como antioxidante em peito de frango, salgado, moído e tratado com alta pressão. A oxidação secundária dos produtos de oxidação lipídica, medidas em valores de TBARS e concentrações de hexanal e pentanal, foram significativamente menores nos peitos de frango tratados sob pressão com extrato de alecrim. RACANICCI *et al.* (2004) observaram que o alecrim protegeu contra oxidação em almôndegas pré-cozidas processadas com peito de frango durante estocagem refrigerada subsequente.

Extratos comerciais de antioxidantes estão disponíveis e dependendo da concentração de antioxidantes ativos (compostos diterpênicos), são recomendados para uso a concentrações com intervalo entre 200 e 1000 ppm de

produto processado. Também tem sido observado que o ácido ascórbico (500 mg/kg de ácido ascórbico + 200 mg/Kg de extrato de alecrim) potencializa a atividade antioxidante de extratos de alecrim em toucinho (CHANG *et al.*, 1977; MIKOVA, 2004).

Lee *et al.* (2005) testaram uma combinação de extrato de alecrim, citrato de sódio e eritorbato de sódio incorporado em produtos cárneos enriquecidos com n-3 PUFA (ácidos graxos poliinsaturados) (DHA) efetivamente minimizou a oxidação lipídica sem qualquer alteração na composição de ácidos graxos.

Um extrato comercial de alecrim teve sua atividade antioxidante avaliada em embutidos suínos frescos refrigerados, congelados e pré-cozidos congelados, obtendo resultados semelhantes ou melhores aos obtidos com BHA / BHT em relação ao valor de TBARS e a perda de coloração vermelha (SEBRANEK *et al.*, 2005).

O uso de extrato de alecrim em almôndegas cozidas (estilo suecas) mostrou-se efetivo como antioxidante. Sua aplicação junto a extratos cítricos melhorou a aceitabilidade do produto (FERNANDEZ-LOPEZ *et al.*, 2005).

LEE *et al.* (2005) produziram um sistema modelo de produtos emulsionados para estudar a incorporação de ácidos graxos poliinsaturados havendo proteção contra a oxidação desses ingredientes. A combinação com supressores de radicais livres (extrato de alecrim), seqüestrante (citrato de sódio) e redutante (eritorbato de sódio) incorporado nesses produtos enriquecidos efetivamente minimizou a oxidação lipídica sem alteração no padrão de ácidos graxos (LEE *et al.*, 2005).

O uso de extrato de alecrim a concentração de 500 mg/Kg mostrou dar proteção efetiva contra oxidação em salame com carne de cabra (NASSU *et al.*, 2003).

BARBUT *et al.* (1985) reportaram que a oleoresina de alecrim foi tão eficiente como a mistura de BHA e BHT na supressão da oxidação lipídica em embutidos contendo 25% carne mecanicamente separada de peru estocada sob refrigeração por duas semanas.

3.4.3. Alho

Outro ingrediente amplamente utilizado na indústria de carnes é o alho (*Allium sativum* L.) é a segunda planta da família *Allium* cultivada ao redor do mundo depois da cebola. A FAO estima para o ano de 1999, a área cultivada de 889.000 ha e produção de 8.776.000 milhões de toneladas. China, Korea, Índia, USA, Espanha, Argentina e Egito são os maiores países produtores de alho. A república da Korea tem o maior consumo percapita (10,50 Kg/pessoa/ano), seguida pela Argentina (5,01 Kg/ pessoa/ano) e China (4,53 Kg/pessoa/ano) (PANDEY,2001).

Diversos países direcionam pesquisas sobre produção do alho, como Índia (RAGHAVAN *et al.*, 1983), Turquia (HACISEFEROGULARI *et al.*, 2005), Estados Unidos (USDA *et al.*, 2005).

Atualmente o alho é utilizado por seu sabor, aroma e textura. O alho fresco que pode ser preparado domesticamente ou sob a forma de matéria prima industrial, é usado em uma série de finalidades culinárias na Índia e países do oriente médio.

Espécies da família do Alho, *Allium sativum*, é um tempero popular adicionado a muitas preparações alimentícias ao redor do mundo. Ricas fontes de fitonutrientes, úteis no auxílio e redução de risco de um número de doenças, incluindo câncer, doenças coronárias, obesidade, hipercolesterolemia, diabetes do tipo 2, hipertensão, catarata e distúrbios no trato gastrointestinal são consideradas em algumas culturas como remédio para várias doenças (KHANUM *et al.*, 2005). O óleo de alho, obtido por destilação a vapor, tem mostrado também propriedades como as mostradas para o produto sem processamento (KHANUM *et al.* 2005; LANZOTTI, 2006; HARRIS *et al.*, 2001; MILNER, 2001).

Louis Pasteur descreveu um efeito antibacteriano de alho e sucos de cebola. Alho tem sido usado no mundo para evitar crescimento microbiano. Vegetais da família *Allium*, especialmente o alho, são antibióticos contra bactérias gram (+) e gram (-) (DUKE *et al.*, 2003).

Em 1948, *Arthur Store* e *Ewald Seebeck* da Companhia *Sandoz* mostrou que a alicina se forma a partir da ação de uma enzima (alinase) sobre a aliina ((+)-S - alil - L - sulfoxi - cisteína), um precursor sem aroma. O dente de alho possui pouco ou nenhum aroma, quando intacto. A aliinase agirá na transformação da aliina (dialil sulfeto) em alicina (tio-2-propeno-1-ácido sulfínico S – alil ester), de onde vem o sabor característico do alho, junto a compostos solúveis lipofílicos formados quando o bulbo é amassado ou moído (KHANUM *et al.*, 2005; MILNER, 2001).

A técnica mais severa para os compostos antioxidantes é a destilação a vapor, processo pelo qual se produz o óleo de alho rende a formação de dialil dissulfetos (DAS), além disso, dimetil-, metil alil sulfeto, dimetil alil sulfeto, e outros, além de dióxidos sulfúricos (PANDEY, 2001; KHANUM *et al.*, 2005).

PEDRAZA-CHAVERRI *et al.* (2005) concluíram que o aquecimento antes ou depois do corte do alho foi incapaz de eliminar a capacidade dos extratos de seqüestrar O₂, H₂O₂, e OH. Os dados mostraram que a capacidade de seqüestro de radicais livres dos extratos de alho é estável ao calor.

YIN e CHENG (2003) estudaram a proteção antioxidante e antimicrobiana de quatro compostos derivados do alho (dois lipofílicos (dialil sulfeto (DAS), dialil dissulfeto (DADS)); dois compostos hidrofílicos (s-etil cisteína e n-acetil cisteína)) em carne moída em relação à descoloração, oxidação lipídica e contaminação microbiana. Esta pesquisa sugere que a aplicação destes compostos organosulfurosos em carne ou outros sistemas alimentícios podem melhorar a cor, diminuir a oxidação lipídica e aumentar a segurança microbiana.

A adição exógena de quatro compostos derivados sulfurosos do alho resultou em um efeito mais significativo que o *alfa*-tocoferol no retardamento da oxidação lipídica, além disso, DAS (dialil-sulfetos) e DADS (dialil-dissulfetos) geraram proteção à oxidação e ao crescimento microbiano (YIN e CHENG, 2003). Evidências consideráveis indicam que extratos de alho podem inibir uma gama de bactérias gram-negativas e gram-positivas, e servem como agente antifúngico (ARORA e KAUR, 1999; YIN e TSAO, 1999).

Além da alicina, vários compostos sulfurosos incluindo DAS, DADS, E-ajoene, etc, podem contribuir para propriedades antimicrobianas atribuídas ao alho

(TSAO e YIN, 2001a; TSAO e YIN, 2001b) e embora, haja diferenças de eficácia entre esses compostos, quantidades relativamente pequenas têm crescimento microbiano deteriorante. Entretanto, nem todos os microrganismos são igualmente susceptíveis para os efeitos tóxicos dos compostos sulfúricos individuais (KHANUM *et al.*, 2006).

Um dos maiores problemas da indústria avícola e de carne de um modo geral é a perda de lotes devido a contaminações microbianas (SANTOS *et al.*, 2000). A microbiota presente em produtos de aves pode ser dividida em dois grupos: patogênica e não-patogênica. Microrganismos patogênicos podem causar infecções ou intoxicações alimentares e alguns, bem como os não-patogênicos, podem provocar alterações, como sabores e odores desagradáveis, viscosidade/limosidade, coloração anormal na superfície da carne e produção de gás. Os principais microrganismos patogênicos veiculados por carnes de aves são: *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria*, *E. coli*, *S. aureus*, *Clostridium sp.* e *Enterococcus sp.* (BOLDER, 1998; ICMSF, 1998; WRAY *et al.*, 1999; GIRAFFA, 2002).

A presença de dialil sulfetos e dialil disulfetos (isoladas do alho) em carne bovina moída reduziu significativamente a contagem total de aeróbicos e inibiu o crescimento de cinco bactérias patogênicas inoculadas, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* e *Campylobacter jejuni* ($P < 0,05$) (YIN e CHENG, 2003). Extratos de alho têm mostrado atividade antioxidante em diferentes modelos *in vitro*. A atividade antioxidante de plantas *Allium* tem mostrado ser atribuídas a uma variedade de compostos sulfurosos e seus precursores (KIM *et al.*, 1997; LAMPE *et al.*, 1999; NUUTILA *et al.*, 2003).

LEELARUNGRAYUB *et al.* (2005) mostraram que extratos de solvente orgânicos e aquosos de bulbos de alho e cebola têm potencial antioxidante significativo determinado pela diminuição na produção de radicais livres e na habilidade de inibir a oxidação lipídica. O ensaio da capacidade de redução de todas as preparações baseadas na redução de ABTS⁺ (2,2- azino- bis (3- etilbenzotiazolina-6-sulfônico)) oferecendo vantagem significativa sobre o método

de capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (mimético da vitamina C) e pode ser aplicados em fases aquosas e lipofílicas.

SALLAM *et al.* (2004) estudaram a ação antioxidante e antimicrobiana do alho em uma lingüiça crua de frango curada. Concluiu que o alho fresco, em pó e óleo obteve benefícios ao produto em estocagem refrigerada. Entre as concentrações estudadas, o alho fresco a 50 g/Kg demonstrou o maior efeito, mas a alta concentração não foi aceitável por muitas pessoas devido seu forte sabor. Entretanto, a adição de alho fresco na concentração de 30 g/Kg ou alho em pó a 9 g/Kg, não resultou em sabores fortes, ao mesmo tempo, eles tiveram efeitos antimicrobianos e antioxidantes significativos e estendeu a vida útil do produto há 21 dias.

A diminuição no consumo de produtos como o sal e compostos sintéticos (nitrito, antioxidantes sintéticos) é uma tendência real e objeto de vários estudos. O tempo de vida útil de um produto cárneo é limitado por características físicas (aparência, coloração e oxidação), microbiológicas e de sabor.

O uso de ingredientes naturais ricos em substâncias antioxidantes (compostos fenólicos e organosulfurados) é uma tendência com o objetivo de no futuro se chegar a produtos com a diminuição da adição de sódio, nitrito, ou substâncias que possam de alguma forma gerar doenças a seus consumidores.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi conduzido em 4 etapas. A primeira foi consistiu na realização de análises Fisicoquímicas (composição, cor, pH e atividade de água) de mortadelas de frango do mercado.

A segunda etapa correspondeu ao processamento em uma planta industrial frigorífica do salsichão de frango curado e cozido, consistindo de 12 ensaios de um delineamento fatorial rotacional completo (2 variáveis) e determinação da composição centesimal, pH e aw de duas dessas formulações e matéria prima. Uma avaliação sensorial de aceitação das 12 formulações estudadas foi realizada.

A terceira etapa envolveu o fatiamento, porcionamento, embalagem e avaliação do produto durante o tempo de estocagem em câmara fria. Foi avaliada a estabilidade microbiológica, oxidativa e a descoloração do salsichão de frango em relação ao tempo de estocagem a 7°C e com iluminação fria constante de 1000-1500 lux, embalado com permeabilidade ao vácuo ou não.

A quarta etapa foi o fatiamento, porcionamento, embalagem, e avaliação do salsichão de frango estocado em BOD. Os ensaios realizados quantificaram a descoloração do salsichão de frango em relação ao tempo de estocagem a 7°C e com iluminação fria constante de 3000 lux, embalado com permeabilidade ao oxigênio ou não. A coloração de quatro formulações do planejamento experimental foram avaliadas quanto à resistência ao estresse térmico antes do fatiamento.

4.1. Caracterização de mortadelas de frango do mercado

Um estudo inicial foi realizado para avaliar as características físico-químicas e de coloração de seis marcas de mortadela de frango que foram adquiridas em supermercados na cidade de Campinas. Durante os experimentos estes produtos foram estocados na Câmara Fria do Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da FEA UNICAMP. As amostras foram acondicionadas a 7°C, protegidas da luz e umidade e analisadas quanto à composição centesimal, pH, atividade de água e cor segundo as descrições no item 4.8.

4.2. Efeito da adição de alho e alecrim em salsichão de frango curado.

4.2.1. Descrição do alho em pó e extrato de alecrim

Alho em pó – produzido pelo processo de *spray-dryer* com produção no mês do processamento, foi gentilmente cedido pela FUCHS S/A.

Extrato de Alecrim – o extrato de alecrim da marca *Guardian™ Rosemary Extract 09* foi gentilmente cedido pela Danisco do Brasil. Este produto exibe o aroma, sabor e características antioxidantes do alecrim.

4.2.2. Caracterização da matéria prima do salsichão de frango

Foi utilizada como matéria prima a coxa e sobrecoxa de frango desossada, com pele e congelada da Marca PRIMOR - Atibaia Alimentos Abatedouro de aves e coelhos Ltda. Atibaia – SP, com data de produção de menos de 15 dias do dia do abate e adquirida diretamente do produtor pela empresa Martini Alimentos Ltda.

Para a realização das análises foi amostrado aleatoriamente 3 pacotes com aproximadamente 2,5 Kg de um mesmo lote. Cada embalagem de coxa e sobrecoxa, na temperatura de -1°C, foi dividida em 4 partes, e assim foram recolhidos aleatoriamente duas partes de cada pacote. A matéria prima foi moída com disco de 3 mm e depois remoída em disco de 1,5 mm. A carne foi

homogeneizada manualmente (Figura 7) e retirada uma parte para a realização das determinações da composição centesimal, pH e atividade de água.



Figura 7 - Coxa e sobrecoxa de frango desossada e moída

4.2.3. Delineamento experimental para os estudos com salsichão de frango adicionado de extrato de alecrim e alho em pó.

Com o objetivo de se avaliar a descoloração, índice de TBARS e aceitação sensorial foi realizado um Delineamento Completo Central Rotacionado (DCCR), com duas variáveis, processando onze ensaios, sendo quatro formulações de interação, mais quatro pontos axiais e três pontos centrais (RODRIGUES, 2005). Os intervalos de estudo das variáveis estão descritos na Tabela 3:

Tabela 3 – Intervalos das variáveis no planejamento experimental com 2 variáveis

		- α (mínimo)		Ponto Central		+ α (máximo)
Variáveis	Valores Codificados	-1,41	-1	0	1	1,41
X1 (%)	Alho em pó	0,000	0,145	0,500	0,855	1,000
X2 (%)	Extrato de Alecrim	0,000	0,015	0,050	0,085	0,100

As concentrações praticadas neste planejamento, tal como os valores reais e codificados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Ensaios do delineamento composto central rotacionado

Ensaios	Valores Codificados		Valores Não Codificados	
	Alho em pó	Extrato de Alecrim	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)
1	1	1	0,855	0,0855
2	-1	1	0,145	0,0855
3	1	-1	0,855	0,0145
4	-1	-1	0,145	0,0145
5	-1,41	0	0,00	0,05
6	1,41	0	1,00	0,05
7	0	-1,41	0,50	0,00
8	0	1,41	0,50	0,10
9 (C)	0	0	0,50	0,05
10 (C)	0	0	0,50	0,05
11 (C)	0	0	0,50	0,05
Controle	---	----	0	0

4.2.4. Processamento do salsichão de frango adicionado de alho em pó e extrato de alecrim

O salsichão utilizado para os estudos foi produzido na Empresa Martini Alimentos, situado no município de Valinhos, e a preparação do produto, seguiu as seguintes etapas:

A carne congelada em embalagens de 2,5 Kg foi quebrada, moída com um disco de 3 mm e direcionada ao *cutter* em carrinhos. Em outra área, os condimentos e aditivos foram pesados em balança semi-analítica.

A formulação básica utilizada está na Tabela 5, variando os ingredientes extrato de alecrim e alho em pó em relação a cada ensaio realizado. O mesmo processo foi padronizado para todos os ensaios.

Tabela 5 - Formulação básica do salsichão de frango

Ingredientes	Formulação (%)	Ingredientes	Formulação (%)
Coxa com pele	80	Sal	1,85
Toucinho	10	Pimenta Branca	0,02
Gelo/água	q.s.p.	Coentro	0,03
Proteína Isolada	3,00	Noz moscada	0,02
Fécula	2,30	Cebola pó	0,04
Espessante Carragena	0,19	Glutamato monossódico	0,10
Sal de cura	0,24	Alho em pó	----
Eritorbato de sódio	0,05	Extrato de Alecrim	-----
Fosfato	0,48	Total	100

Os procedimentos de produção das formulações foram realizados segundo SENAI (2003). Após a pesagem dos ingredientes, foi elaborado o “*batter*” se adicionando a carne no *cutter* em temperatura abaixo de 0°C. Após foram adicionados respectivamente água, sal, sal de cura, eritorbato de sódio, tripolifosfato de sódio, temperos e extensores (proteína isolada de soja).

A massa do salsichão de frango, retirada do “*cutter*” com temperatura de 2,0°C foi embutida em envoltório sintético de poliamida de 60 mm e levada ao cozimento em estufa a seco (65°C) durante 30 minutos e cozimento com umidade (80°C) até a temperatura interna do produto esteja em torno de 72,5°C.

Os produtos foram resfriados, e pesados no final do processo, aguardando em refrigeração sua retirada. No dia seguinte, as amostras foram transportadas

para a planta piloto do laboratório de Carnes e Derivados da FEA UNICAMP e estocado sob refrigeração.

Todos os processamentos foram realizados em três dias, um deles processando duas formulações (controle e ponto central) para realização da caracterização do produto, análises microbiológicas da peça inteira e pré-testes para o fatiamento. Nos outros dois dias, foram processados 12 ensaios (11 do planejamento fatorial e 1 controle).

4.2.5. Caracterização do salsichão de frango curado e cozido

Na segunda semana após a fabricação do produto, foram selecionadas duas peças (500g cada) de duas formulações (ponto central e controle) do salsichão de frango para que fossem caracterizadas quanto à Composição Centesimal (proteína, umidade, cinzas e lipídios), pH e Aw.

Foi feita uma análise sensorial de aceitação dos parâmetros de cor, sabor, aroma e aceitação global, seguindo metodologia descrita no item 4.5.4.



Figura 8 - Salsichão de frango (Frigorífico Martini, 2006)

4.3. Avaliação das características microbiológica, oxidação lipídica e coloração de salsichão de frango estocado em câmara Fria.

4.3.1. Etapas de fatiamento, embalagem e armazenamento.

Estas etapas foram realizadas na planta piloto da faculdade de Engenharia de Alimentos UNICAMP (Figura 9), com temperatura controlada ($15^{\circ}\text{C} < t < 20^{\circ}\text{C}$). Após serem fatiados os produtos foram acondicionados em suas respectivas embalagens e guardados em refrigeração. Os produtos foram expostos à luz após todas as formulações estarem embaladas, igualando o tempo de exposição.

Os produtos foram fatiados, com espessura aproximada de 2 mm, utilizando uma fatiadora semi-automática FILIZOLLA, embaladora a vácuo SELOVAC. Durante a estocagem em câmara fria a iluminação foi gerada por lâmpadas NATURA DE LUXE L36W/76 da marca OSRAM, que gerou uma iluminação de 1000-1500 lux sobre as bandejas.

Os salsichões fatiados foram colocados em bandejas planas de poliestireno expandido do tamanho M-03P e embalados em dois tipos de embalagem (permeável ao oxigênio (filme de PVC) e embalagem a vácuo (saco de nylon e poliamida de 5 camadas e espessura 18 μm)) que foram utilizados para as determinações de coloração.



Figura 9 - Área de fatiamento no laboratório de tecnologia de carnes e derivados FEA – UNICAMP

O produto produzido dentro dos padrões estabelecidos nos itens 4.2.4 foi estocado em uma estrutura metálica (Figura 10) a temperatura de 7°C em câmara fria. As bandejas foram realocadas diariamente para diminuir a variabilidade gerada por diferentes incidências de iluminação sobre o produto.



Figura 10 - Carrinho utilizado para testes em câmara fria

As fatias foram organizadas nas bandejas de forma a ficarem superpostas, assim como o que ocorre nos estabelecimentos comerciais (Figura 11).



Figura 11 - Bandeja de salsichão de frango com fatias sobrepostas embaladas a vácuo (recém-fatiada)

4.3.2. Avaliação da estabilidade microbiológica durante o tempo de estocagem de salsichão de frango peça inteira, fatiado com ou sem a presença de vácuo.

Para a realização das análises microbiológicas e de avaliação da estabilidade de cor sob estresse térmico pré-fatiamento foram selecionados os ensaios 5, 7, 11 e controle para estudo (determinações realizadas sob estocagem com ou sem a presença de vácuo).

Foram realizadas análises para contagem de microrganismos mesófilos e psicotróficos e o “Número Mais Provável de Coliformes Totais e Fecais” durante a vida útil de acordo com o *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (VANDERZANT et al., 1992).

As análises foram realizadas para o produto sob diferentes condições de estocagem durante a vida útil dos produtos estocados sob iluminação constante de 1000-1500 lux e refrigeração em câmara fria a 7°C, os intervalos de tempo de contagem estão descrito na Tabela 6:

Tabela 6 - Cronograma de contagem microbiológica

Produto	Dias de contagem de Mesófilos, psicotróficos e coliformes.
Peça Inteira	0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias de estocagem.
Fatiado a vácuo	0 e 14 dias de estocagem.
Fatiado sem vácuo	0 e 5 dias de estocagem.

4.3.3. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica durante o tempo de estocagem do salsichão de frango embalado com ou sem a presença de vácuo

Foi avaliado o grau de oxidação lipídica dos produtos manipulados segundo o item 4.3.1., sendo utilizado o índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (item 4.5.5.) como medida. A Tabela 7 apresenta o cronograma de análises:

Tabela 7 - Cronograma de análises determinação do n° TBARS

	MEDIÇÕES (por tempo de Estocagem)
Embalagens permeáveis ao oxigênio	0, 48, 72 e 168 horas
Embalagens a vácuo	0, 168 e 336 horas
Produto convencional	0, 15, 30, 45 e 60 dias

A amostragem foi realizada com a retirada de uma bandeja de cada formulação. As amostras foram foram homogeneizadas, congeladas e posteriormente analisado o teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico em duplicata, de acordo com TARLADGIS *et al*, (1960), modificado para determinação de malonaldeído em produtos curados pela reação com ácido 2-tiobarbitúrico segundo ZIPSER e WATTS (1962).

4.3.4. Acompanhamento da descoloração de salsichão de frango fatiado, embalado com ou sem a presença de vácuo.

Para se obter uma boa padronização dos resultados, procurou-se utilizar sempre os mesmos equipamentos para medição e processamento das 12 formulações, além de ser realizados em um mesmo momento, diminuindo assim algumas variações na manipulação e condições ambientais. O salsichão de frango embalado com ou sem permeabilidade ao O₂ foi analisado quanto à coloração de acordo com o cronograma da Tabela 8.

Tabela 8 - Cronograma de análise instrumental da cor

	MEDIÇÕES (por tempo de Estocagem)
Embalagens permeáveis ao oxigênio	0, 48 , 72 e 168 horas
Embalagens a vácuo	0, 72, 168, e 336 horas

4.4. Estudo de descoloração de salsichão de frango fatiado estocado em BOD

4.4.1. Procedimentos de fatiamento, embalagem e armazenamento.

Este procedimento foi utilizado para o estudo de descoloração. Foi realizada na planta piloto da faculdade de Engenharia de Alimentos UNICAMP (Figura 9), com temperatura controlada ($15^{\circ}\text{C} < t < 20^{\circ}\text{C}$). Após serem fatiados os produtos foram acondicionados em suas respectivas embalagens e guardados em refrigeração. Os produtos foram expostos à luz após todas as formulações estarem embaladas, igualando o tempo de exposição.

Durante a estocagem em geladeira do tipo BOD, a iluminação foi gerada por lâmpadas Luz do dia TB 15W 6500 K, F15T8/54/ LD, marca GE, que gerou uma iluminação de 3000 lux sobre as bandejas.

Os salsichões fatiados, dispostos em bandejas de poliestireno expandido do tamanho M-03P, foram embalados em dois tipos de embalagem – embalagem permeável ao oxigênio (filme de PVC) e embalagem a vácuo (saco de nylon – poliamida de 5 camadas e espessura 18 μm) que foram utilizados para as determinações de coloração.

O salsichão de frango produzido dentro dos padrões estabelecidos no item 4.2.4. foi fatiado, embalado e estocado em BOD, nas condições especificadas abaixo.



Figura 12 – BOD para experimento de descoloração

Condições de Estocagem:

Temperatura: $7^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$

Local: geladeira BOD

Iluminação: Fria Constante, distribuída pela bandeja.

Produto: salsichão de frango fatiado (2 mm de espessura, fatias separadas) e embalado em bandeja de poliestireno com filme a vácuo ou permeável ao O_2 .

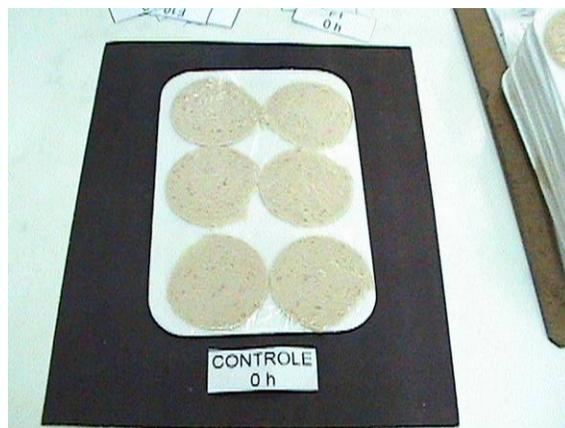
Parâmetros de cor: sistema de cor $L^*a^*b^*$, D65, ângulo de observação de 10° , medido sobre as embalagens.

As análises de cor foram realizadas por um colorímetro portátil *Hunter Lab*, operando com fonte iluminante D65, ângulo de observação de 10° no modo RSEX, no espaço Cielab (L^*, a^*, b^* , onde L^* = luminosidade, a^* = intensidade de cor vermelha/verde e b^* = intensidade da cor amarela/azul) (STEWART *et al.*, 1965). O equipamento foi previamente calibrado para medição direta no centro da fatia.

Para garantir a padronização do nível de vácuo em cada formulação embalada foram utilizados sempre o mesmo equipamento e ajuste da embalagem a vácuo. A disposição das fatias na bandeja permite uma completa exposição à luz das mesmas.



(a)



(b)

Figura 13 - Salsichão de frango fatiado, estocado em BOD e embalado á vácuo (a) e embalagem permeável ao O₂ (b)

4.4.2. Estudo da descoloração de salsichão de frango fatiado e estocado em BOD

O planejamento das análises instrumentais de cor, esta na Tabela 9:

Tabela 9 - Cronograma de análises instrumentais de cor.

	MEDIÇÕES
Embalagens permeáveis ao oxigênio	0, 24h, 48h , 96h e 168 horas
Embalagens a vácuo	0, 24h, 48h , 96h, 168 h e 336 horas

4.4.3. Estudo da influência da adição de extrato de alecrim e alho em pó sobre a cor de salsichão de frango fatiado e exposto a condições de estresse

Conforme planejamento fatorial descrito no item 4.2.3. foram produzidas doze formulações de salsichão de frango adicionadas de diferentes teores de alho em pó e extrato de alecrim, dentre elas quatro foram escolhidas para este estudo. Os produtos foram fatiados na faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP-SP), sob temperatura controlada ($15^{\circ}\text{C} < t < 20^{\circ}\text{C}$), uma parte das amostras foi embalada e medida a cor (condição adequada), e outra exposta à temperatura e iluminação ambiente (23°C e luz de lâmpada fluorescente) durante 1 hora, mais 10 minutos em estufa a 30°C , logo em seguida embalada e medida a cor (condição sob estresse). As embalagens utilizadas foram bandejas de poliestireno e dois tipos de materiais plásticos (filme de polietileno (permeável ao O_2) e saco de nylon-poliamida de 5 camadas (vácuo)).

Nas análises colorimétricas dos produtos fatiados e recém embalados nas condições acima, um colorímetro portátil *Hunter Lab*, previamente calibrado para medição diretamente na embalagem, operando com fonte iluminante D65, ângulo de observação de 10° , no espaço Cielab (L^*, a^*, b^* , onde L^* = luminosidade, a^* = intensidade de cor vermelha e b^* = intensidade da cor amarela) e cromaticidade (C^*) (STEWART *et al*, 1965). As formulações continham 0,05% de extrato de alecrim (A), 0,5% de alho em pó (B) e 0,05% de extrato de alecrim e 0,5% de alho em pó (C), além da formulação controle sem aditivo.

4.5. Análises realizadas

4.5.1. Análises de composição centesimal

As análises de umidade, proteína, cinzas foram realizadas segundo AOAC (HORWITZ, 1980) e a determinação de lipídeos seguindo o método de Bligh e Dyer (BLIGH e DYER, 1959).

4.5.2. Determinação de pH

A determinação do pH foi feita em potenciômetro digital, marca Metler Toledo, modelo MP125 pH Meter, em triplicata introduzindo o eletrodo em três pontos diretamente na amostra.

4.5.3. Atividade de água

A determinação foi realizada utilizando um aparelho modelo *Aqualab Cx 2T*, marca *Decagon Devices Inc.* e operando a temperatura de 25°C. As medidas foram feitas em triplicata de fatias de 3 mm de espessura retiradas do centro das peças.

4.5.4. Análise sensorial

O produto com menos de sete dias de produção foi fatiado sob temperatura controlada (18-20°C) e estocado sob refrigeração até que fosse degustado.

A amostra foi servida em fatias de dois mm e acondicionada, sendo apresentada de forma monádica aos provadores, codificadas ao acaso com números de três dígitos. Cada amostra foi avaliada por 30 pessoas no mínimo, de forma aleatorizada.

Foi aplicado um teste de aceitação com escala vertical estrutura de 9 pontos, em que 9 = gostei muitíssimo, 8= gostei muito, 7 = gostei moderadamente, 6 = gostei ligeiramente, 5 = Nem gostei/Nem desgostei, 4 = Desgostei ligeiramente, 3 = Desgostei moderadamente, 2 = Desgostei muito e 1 = Desgostei muitíssimo, seguindo metodologia de MEILGAARD *et al* (1999). A ficha de análise sensorial se encontra na figura abaixo :

Nome: _____ Data: ____/____/____ Sexo: _____

Amostra: _____

Avalie a amostra codificada de Salsichão de frango e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da amostra de acordo com os atributos abaixo.

9 – Gostei muitíssimo	
8 – Gostei muito	Em relação a cor _____
7 – Gostei moderadamente	Em relação ao sabor _____
6 – Gostei ligeiramente	Em relação à textura _____
5 – Nem gostei / nem desgostei	Em relação à impressão global _____
4 – Desgostei ligeiramente	
3 – Desgostei moderadamente	
2 – Desgostei muito	
1 – Desgostei muitíssimo	

Comentários: _____

Figura 14 - Ficha de análise sensorial de aceitação do salsichão de frango

4.5.5. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (determinação do n° de TBARS)

Do experimento em câmara fria (item 4.3) foi amostrado dentro do cronograma do item 4.3.3. Uma bandeja do produto de cada formulação foi retirada, homogeneizada, congelada e posteriormente analisado o teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, segundo método modificado para determinação de malonaldeído em produtos cárneos curados pela reação com ácido 2-tiobarbitúrico de ZIPSER e WATTS (1962).

4.5.6. Análise instrumental de cor (experimento em câmara fria e análise das mortadelas)

A análise de cor foi realizada por um espectrofotômetro colorímetro *Colorquest II (Hunter Lab)* operando com fonte iluminante D65, ângulo 10° no modo RSEX, no espaço Cielab (L^* , a^* , b^* , onde L^* =luminosidade, a^* =intensidade de cor vermelha/verde e b^* = intensidade da cor amarela/azul). O equipamento foi previamente calibrado para medição direta no produto na área exposta à luz (STEWART *et al.*, 1965).

4.5.7. Análise instrumental de cor (experimento em geladeira BOD)

As análises de cor foram realizadas por um colorímetro portátil *Hunter Lab*, operando com fonte iluminante D65, ângulo de observação de 10°, no espaço Cielab (L^* , a^* , b^* , onde L^* = luminosidade, a^* =intensidade de cor vermelha e b^* = intensidade da cor amarela) (STEWART *et al.*, 1965). O equipamento foi previamente calibrado para medição direta, sob o filme da embalagem e no centro da fatia do produto.

4.5.8. Análise estatística dos resultados

As análises da variabilidade das médias (teste de *Tukey*), análise de variância ANOVA e superfícies de respostas foram realizadas com o software *Statistica* versão 5.0, da STATSOFT.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características físicoquímicas de mortadelas de frango do mercado

Entre os produtos emulsionados mais consumidos no Brasil, a mortadela tradicional é caracterizada por apresentar normalmente como ingredientes principais a carne bovina e suína, o toucinho, e aditivos como o nitrito de sódio, ascorbatos e fosfatos. Uma mortadela comercial produzida com carne bovina e/ou suína possui cerca de 20 a 30g/100g de gordura total em sua formulação (BARRETO, 2007).

Esse estudo avaliou um tipo em especial de mortadelas que utilizam carne de frango para sua formulação. Nele, seis marcas do mercado nacional foram analisadas em relação à composição centesimal, cor instrumental, pH e atividade de água.

Tabela 10 - Composição centesimal de mortadelas de frango

	Umidade (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)
Marca A	58,81 ^a ± 0,05	12,04 ^a ± 0,10	16,8 ^a ± 0,57	4,34 ^{abf} ± 0,13	8,00
Marca B	59,08 ^b ± 0,01	12,13 ^a ± 0,19	14,22 ^a ± 0,97	4,26 ^{abcef} ± 0,35	10,31
Marca C	56,22 ^c ± 0,09	7,66 ^b ± 0,32	15,46 ^a ± 0,18	3,64 ^{bcef} ± 0,05	17,02
Marca D	60,40 ^d ± 0,42	11,32 ^a ± 0,42	16,29 ^a ± 0,95	2,23 ^d ± 0,15	9,77
Marca E	63,61 ^e ± 0,11	13,03 ^a ± 0,85	12,58 ^b ± 0,62	3,67 ^{bce} ± 0,26	7,11
Marca F	59,12 ^{abf} ± 0,14	12,25 ^a ± 0,59	14,75 ^{ab} ± 0,37	4,32 ^{abcf} ± 0,16	9,56

*Valores em uma mesma coluna com letras semelhantes não são significantes diferentes (p<0,05)

* Análises de umidade foram realizadas em quintuplicata, enquanto que as restantes foram realizadas em triplicata.

* As marcas A a F são mortadelas de frango produzidas por empresas com venda em nível nacional e adquiridas em grandes redes de supermercados da cidade de Campinas.

A legislação nacional através dos padrões de identidade e qualidade para embutidos cozidos (BRASIL, 2000), descreve como parâmetros valores de no máximo 10 % para amido + carboidratos totais, 65% de umidade e de 30% de gordura, e de no mínimo 12 % de proteína. Nessas condições, a marca C e a D apresentou valores estatisticamente abaixo dos teores mínimos de proteína e máximos de carboidratos totais. A marca B também superou o máximo permitido para o item anterior.

Os resultados em porcentagem para umidade variaram de $56,22 \pm 0,09$ a $63,61 \pm 0,11$. Os teores encontrados são importantes parâmetros para avaliar a formulação desses produtos, assim como também influência em outros parâmetros como atividade de água e pH (HEDRICK *et al.*, 1994).

Em relação ao teor de lipídeos encontrado, este tipo de produto apresentou resultados baixos em comparação com outros embutidos do mercado. As mortadelas com carne de aves fazem parte de uma classe que mesmo não sendo *light*, possuem teores de gordura menores que outros embutidos como o salame (27 % de lipídios) (CAVENAGHI, 2006) ou mesmo mortadelas de frango produzidas em outros países (USDA, 2007). Embutidos do tipo *light* com carne de aves chegam a ter 10% de gordura ou menos de gordura (NEVES, 2001).

Os teores de cinzas refletem principalmente o teor de sais adicionados e a presença de carne mecanicamente separada (CMS) devido à presença de ossos e medula óssea (POLLONIO, 1994). As mortadelas avaliadas apresentaram valores sempre próximos a 4% de cinzas, exceto a marca D que apresentou valores de $2,23 \pm 0,15$.

5.1.1. Determinação de pH e atividade de água

Os resultados estão descritos na Tabela 11 e variaram de $6,019 \pm 0,010$ a $6,392 \pm 0,008$, e esteve próximo a valores encontrados por outros autores em produtos curados (NEVES, 2001; BARRETO, 2007).

O pH desses produtos é influenciado pela adição de fosfatos que aumentam a carga iônica da emulsão e da matéria prima (HEDRICK *et al.*, 1994).

A carne de frango e a carne mecanicamente separada de frango tem pH no intervalo entre 6 a 6,5 (CAVENAGHI, 2005; NEVES, 2001; POLLONIO, 1994) Observou-se que os produtos B, E e F apresentaram pH mais alto (aproximadamente 6,3) que as marcas A,C e D (aproximadamente 6,1).

Tabela 11 – Médias e desvio padrão do pH e atividade de água em mortadelas de frango do mercado

Mortadelas	pH	Aw
A	6,019 ^a ± 0,010	0,967 ^a ± 0,002
B	6,272 ^b ± 0,019	0,963 ^b ± 0,001
C	6,092 ^c ± 0,065	0,961 ^b ± 0,002
D	6,102 ^c ± 0,042	0,974 ^c ± 0,001
E	6,392 ^d ± 0,008	0,97 ^a ± 0,003
F	6,325 ^b ± 0,002	0,961 ^b ± 0,001

*Valores em uma mesma coluna com letras semelhantes não são significantes diferentes (p<0,05)

* Análises foram realizadas em quintuplicata.

* As marcas A a F são classificadas como mortadela de frango produzidas por empresas com venda a nível nacional e adquiridas em grandes redes de supermercados da cidade de Campinas.

Foi observada a influência do teor de carboidratos e da umidade do produto na diminuição da atividade de água do produto. As marcas B, C e F que apresentaram os menores valores de atividade de água (aproximadamente 0,960), também apresentaram valores relativamente baixos de umidade e altos teores de carboidratos adicionados.

A concentração de lipídeos, água e cinzas (sais adicionados) também influem diretamente nos valores de atividade de água. Essa medida é importante para avaliar a condição de preservação da matéria prima e do produto acabado (SAVIC, 1985).

5.1.2. Determinação da cor de mortadelas de frango do mercado.

As medidas de coloração das fatias, utilizando um espectrofotômetro *colorquest II*, usando coordenadas cartesianas ($L^*a^*b^*$) e coordenadas polares (L^*C^*h) estão descritas na Tabela 12. A variação da luminosidade foi de $50,01 \pm 0,49$ a $60,83 \pm 0,47$, o parâmetro a^* (intensidade de vermelho) foi de $12,1 \pm 0,38$ a $18,44 \pm 0,59$ e o parâmetro b^* (intensidade de amarelo) variou de $13,41 \pm 0,25$ to $16,59 \pm 0,56$.

A coloração de produtos carneos é influenciada principalmente pela formulação utilizada com a possibilidade de adição de diferentes teores e tipos de matérias primas e ingredientes (sal, fosfato, sal de cura e corantes). A concentração de uso de cada um influencia diretamente e caracteriza cada produto.

Tabela 12 – Avaliação da cor de mortadela de frango no padrão CIE $L^*a^*b^*$ e L^*C^*h

	L^*	a^*	b^*	C^*	h
A	$60,72^a \pm 0,40$	$12,1^a \pm 0,38$	$15,51^a \pm 0,42$	$19,67^a \pm 0,32$	$52,14^a \pm 1,15$
B	$54,05^c \pm 0,68$	$13,41^b \pm 0,01$	$14,87^{ab} \pm 0,15$	$20,03^a \pm 0,12$	$48,13^{bc} \pm 0,29$
C	$50,01^b \pm 0,49$	$14,04^b \pm 0,30$	$16,59^d \pm 0,56$	$21,74^b \pm 0,59$	$49,85^b \pm 0,57$
D	$60,83^a \pm 0,47$	$13,43^b \pm 0,99$	$14,33^b \pm 0,16$	$19,65^a \pm 0,80$	$46,98^c \pm 1,71$
E	$53,69^c \pm 0,06$	$18,44^c \pm 0,59$	$12,94^c \pm 0,13$	$22,53^b \pm 0,42$	$34,95^d \pm 1,15$
F	$56,96^d \pm 0,96$	$15,34^d \pm 0,32$	$13,41^c \pm 0,25$	$20,38^a \pm 0,31$	$41,25^e \pm 0,57$

*Valores em uma mesma coluna com letras semelhantes não são significantes diferentes ($p < 0,05$)

* determinações de coloração foram realizadas em quintuplicata.

* As marcas A a F são classificadas como mortadelas de frango produzidas por empresas com venda em nível nacional e adquiridas em grandes redes de supermercados da cidade de Campinas.

Em relação à cromaticidade, as amostras A, B, D e F apresentaram valores menores que as amostras C e E. O ângulo de tonalidade teve um amplo intervalo que foi de $34,95 \pm 1,15$ a $52,14 \pm 1,15$, apresentando colorações das mais avermelhadas para as mais amareladas, respectivamente as formulações $E < F < D \leq B \leq C < A$. Isso quer dizer que apesar da amostra E apresentar uma cromaticidade maior, a formulação C é possui uma tonalidade mais vermelha.

5.2. Estudo da adição de alho e alecrim em salsichão de frango curado.

5.2.1. Caracterização da matéria prima (coxa e sobre coxa de frango) do salsichão de frango

Coxa e sobrecoxa de frango, sem osso, com pele e congelada utilizada no processamento descrito no item 4.2.4 foram avaliados em relação aos parâmetros de composição centesimal, pH e atividade de água.

Tabela 13 – Média e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos de coxa e sobre coxa de frango congelada com pele

	Valor (%)	Desvio padrão
Umidade	75,41	0,12
Proteínas	11,89	0,17
Lipídeos	11,81	1,13
Cinzas	0,45	0,17
Carboidratos (diferença)	0,43	
pH	6,305	0,048
Aw	0,995	0,001

* determinações de umidade realizada em quintuplicata e o restante em triplicata

Os valores observados na Tabela 13, estão de acordo com os resultados obtidos por GALVÃO *et al.* (1992) para os teores de umidade, gordura, proteína e

cinzas respectivamente iguais a 74,8%, 5,1%, 19,1% e 1%, para coxa de frango sem pele. O pH da carne avaliado por esse autor foi igual a 6,4. CAVENAGHI (2006) trabalhou com pH 6,6 para as coxas de frango sem pele. A composição de umidade, gordura, proteína e cinzas foram de respectivamente $77,2 \pm 0,4$ %, $3,2 \pm 0,6$ %, $18,1 \pm 1,0$ % e $1,1 \pm 0,1$ %.

A utilização de pele neste trabalho aumentou a presença de gordura poliinsaturada, o que é um problema em relação à manutenção da boa aparência e sabor do produto. Inclusive as diferenças entre os valores de proteína e gordura, encontrados pelos autores acima relacionados, se devem à presença de matéria prima com pele na formulação. A porcentagem média de pele encontrada foi de 21,11 % do total de coxa e sobre coxa, considerando uma proporção de 37,7 % de lipídeos na pele (MADRUGA *et al.*, 2004).

5.2.2. Caracterização do salsichão de frango curado e cozido

Do planejamento experimental, uma formulação controle (sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim) e uma do ponto central (adicionado de 0,5 % de alho em pó e 0,05 % de extrato de alecrim) foram avaliadas quanto à aceitação sensorial, concentração de proteínas, lipídeos totais, umidade, pH e atividade de água.

5.2.2.1. Determinação da composição centesimal

A formulação utilizada para o desenvolvimento do planejamento experimental está descrita na Tabela 5 do item 4.2.4 do material e métodos.

A presença de lipídios, como do toucinho e da pele de frango, reduz a estabilidade a oxidação do salsichão de frango, auxiliando na avaliação da ação antioxidante do extrato de alecrim e do alho em pó durante o período de estocagem. O salsichão de frango apresentou valores de 17 % de lipídios, um valor próximo ao observado nas mortadelas de frango, entretanto com uma composição de ácidos graxos diferente, pois o produto não apresentou adição de CMS (carne mecanicamente separada) e sim de toucinho e coxa e sobrecoxa com pele. Não houve diferença ($p > 0,05$) nos teores de umidade, lipídeos e cinzas entre

as duas formulações avaliadas. A adição de 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim influenciou ($p < 0,05$) apenas no conteúdo de proteína, isso pela alta concentração de carboidratos do alho em pó (USDA,2007).

Tabela 14 - Composição centesimal do salsichão de frango

	Ponto Central**		Controle***	
	Composição (%)	Desvio padrão	Composição (%)	Desvio padrão
Umidade	63,35 ^a	0,35	63,20 ^a	0,04
Proteínas	11,45 ^a	0,14	12,84 ^b	0,08
Lipídeos	17,16 ^a	0,19	17,17 ^a	0,54
Cinzas	2,88 ^a	0,29	2,91 ^a	0,04
Carboidratos (por diferença)	5,16		3,89	

* determinações de umidade realizada em quintuplicata e restante em triplicata

** formulação de salsichão de frango adicionado de 0,5 % de alho em pó e 0,05 % de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

*** formulação de salsichão de frango sem adição dos ingredientes alho em pó e extrato de alecrim (GuardianTM 09)

****Valores em uma mesma linha com letras semelhantes são semelhantes ($p < 0,05$)

5.2.2.2. Determinação de pH e atividade de água

Os valores de pH e atividade de água estão respectivamente descritos nas Tabelas 15 e 16:

Tabela 15 - Valores de pH de um salsichão em função do tempo de estocagem

Formulações	0 dias	30 dias	60 dias
Controle**	6,212 ^{a,x} ±0,02	6,227 ^{a,x} ±0,02	6,330 ^{a,x} ±0,003
Ponto Central***	6,270 ^{a,x} ±0,006	6,203 ^{a,x} ±0,003	6,263 ^{a,x} ±0,08

* determinações realizadas em quintuplicata

* a,b na horizontal e x,y na vertical amostras de mesma unidade são diferentes a $p < 0,05$

** formulação de salsichão de frango sem adição dos ingredientes alho em pó e extrato de alecrim (GuardianTM 09)

*** formulação de salsichão de frango adicionado de 0,5 % de alho em pó e 0,05 % de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

As formulações apresentaram boa estabilidade de pH durante a estocagem, podendo indiretamente relacionar a boa estabilidade microbiológica das amostras no período de estocagem estudado.

Tabela 16 - Valores de atividade de água de um salsichão em função do tempo de estocagem

Formulações	0 dias	30 dias	60 dias
Controle**	0,981 ^{a,x} ±0,003	0,975 ^{a,x} ±0,001	0,963 ^{b,x} ±0,003
Ponto Central***	0,987 ^{a,x} ±0,004	0,974 ^{b,x} ±0,001	0,962 ^{c,x} ±0,001

* medidas realizadas em quintuplicata

* a,b na horizontal e x,y na vertical amostras de mesma unidade são diferentes a $p < 0,05$

** formulação de salsichão de frango sem adição dos ingredientes alho em pó e extrato de alecrim (GuardianTM 09)

*** formulação de salsichão de frango adicionado de 0,5 % de alho em pó e 0,05 % de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

A atividade de água das formulações diminuiu significativamente durante o tempo de estocagem, porém não significativas para esse tipo de análise. O aumento na quantidade de carboidratos para a formulação do ponto central não causou um aumento significativo na atividade de água do produto.

Os valores de pH estão dentro do intervalo dos valores apresentados para as mortadelas de frango. Neves (2001) encontrou valores próximos de pH para um apresuntado feito com perus alimentados com diferente teores de tocoferol adicionados na ração.

5.2.2.3. Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial de aceitação das formulações de salsichão de frango estão apresentados na Tabela 17.

Os resultados foram avaliados por análise de variação das médias pelo teste de *tukey* ($p < 0,1$) e as amostras não apresentaram diferenças significativas entre si. Porém, apresentaram uma boa aceitação dos produtos, com notas entre

6 e 7, o que significa que os provadores avaliaram os produtos como gostando ligeiramente a moderadamente.

Tabela 17 - Análise sensorial de aceitação do salsichão de frango fatiado.

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	ATRIBUTOS			
			Cor	Sabor	Aroma	Impressão Global
1	0,855	0,085	5,97	6,43	6,51	6,43
2	0,145	0,085	6,84	7,22	7,00	7,16
3	0,855	0,015	6,81	6,92	6,97	6,94
4	0,145	0,015	6,61	6,89	6,79	6,92
5	0	0,05	6,46	6,76	6,57	6,54
6	1	0,05	6,41	6,79	7,44	7,06
7	0,5	0	6,41	7,00	6,70	6,84
8	0,5	0,1	6,76	6,85	6,76	6,97
9 (C)	0,5	0,05	6,69	7,03	7,00	7,20
10 (C)	0,5	0,05	6,72	7,03	6,86	7,06
11 (C)	0,5	0,05	6,81	7,31	6,78	7,11
Controle	0	0	6,56	6,71	6,56	6,74

* resultados são média de 30 provadores

** Amostras não apresentaram diferença significativa entre si para cada atributo avaliado ($p > 0,1$).

SALAM *et al.* (2004) estudaram na lingüiça de frango curada fresca a adição do alho natural na concentração de 50 g/kg (5%). Este demonstrou ter o melhor potencial antioxidante em comparação com o alho fresco em outras concentrações (20 ou 30 g/kg), com o alho em pó (6, 9 ou 15 g/kg) e com o óleo de alho (0,06, 0,09 ou 0,15 g/Kg), mas sua alta concentração não foi bem aceita por muitas pessoas por causa do aroma e sabor. Entretanto a adição de alho fresco a 30 g/kg ou alho em pó a 9 g/kg, não resultou em aroma e sabores fortes, e ao mesmo tempo produziram efeitos antimicrobianos e antioxidantes, estendendo a vida útil do produto a acima de 21 dias.

CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA e PIKUL (2002) estudaram os efeitos da atmosfera modificada rica em CO₂, temperatura de estocagem e tempo na qualidade e vida útil de salsicha de frango fatiado. Não encontraram diferenças significativas nos parâmetros de coloração objetiva, medida por reflectância de cor, durante o tempo de estocagem dependendo do método de estocagem. Após 4 dias de estocagem, as fatias de salsicha de frango não eram mais aceitáveis pelos provadores recebendo menos de 5 pontos na avaliação de aceitação geral.

Assim, o uso de até 1,0 % de alho em pó e de até 1000 mg/Kg de extrato de alecrim, utilizados nesse experimento, não teve diferença significativa (a p<0,1) entre as formulações para as respostas de aceitação sensorial do produto.

5.3. Avaliação da estabilidade microbiológica de salsichão de frango durante o tempo de estocagem

O crescimento microbiano é um fator limitante no prazo de estocagem, afetando sabor, aroma e cor de produto cárneos. Segundo FORSYTHE (2002), valores até 10⁶ de contagem total de mesófilos são considerados satisfatórios, para embutidos prontos para consumo.

5.3.1. Avaliação da estabilidade microbiológica de salsichão de frango em peça inteira durante o tempo de estocagem

Nas peças inteiras para todas as amostras as contagens de coliformes fecais permaneceram abaixo do limite da legislação de até 10³ NMP/g. CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA e PIKUL (2002) em estudos com salsicha de frango também não encontraram nenhuma *E.coli* ou bactérias esporuladas anaeróbicas em 0,1 g de produto.

Os produtos estocados em peças inteiras apresentaram contagens de microrganismos mesófilos e psicrotróficos abaixo dos 10⁴ UFC/g, por até 90 dias.

Isso indica que o produto é estável microbiologicamente por até 90 dias. Não foi observado nenhum efeito do alho e do extrato de alecrim sobre a qualidade microbiológica do produto em relação ao tempo estocado.

Nas Tabelas 18 e 19, estão apresentados os resultados de contagem de mesófilos, psicrotróficos e coliformes totais e fecais para formulações do ponto central e controle.

Tabela 18 - Estabilidade microbiológico de um salsichão de frango do ponto central contendo 0,5 % de Alho em pó e 0,05 % de extrato de alecrim (Guardian™ 09) em função do tempo de estocagem

Tempo de Estocagem / Dia	0	30	45	60	90
Microorganismos					
Mesófilos (UFC/g)	$7 * 10$	$1,9 * 10^2$	$1,75 * 10^2$	$1,6 * 10^2$	$6,5 * 10$
Psicrotróficos (UFC/g)	>100	$1,15 * 10^3$	>100	>100	>100
Coliformes Totais (NMP/g)	<0,03	<0,03	<0,03	0,23	<0,03
Coliformes Fecais (NMP/g)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Tabela 19 – Estabilidade microbiológico de um salsichão de frango da formulação controle sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim (Guardian™ 09) em função do tempo de estocagem

Tempo de Estocagem / Dia	0	30	45	60	90
Microorganismos					
Mesófilos (UFC/g)	$7 * 10$	$1,9 * 10^2$	$1,75 * 10^2$	$1,6 * 10^2$	$3,5 * 10$
Psicrotróficos (UFC/g)	>100	$1,15 * 10^3$	>100	>100	$1 * 10^3$
Coliformes Totais (NMP/g)	<0,03	<0,03	<0,03	0,23	<0,03
Coliformes Fecais (NMP/g)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

5.3.2. Acompanhamento da estabilidade microbiológica de um salsichão de frango fatiado a vácuo sob refrigeração

Os salsichões de frango foram estocados fatiados e embalados a vácuo, assim como descrito no item 4.3.2. As formulações estudadas, presentes no planejamento fatorial completo, continham 0,05% de extrato de alecrim (ensaio n° 5), 0,5% de alho em pó (ensaio n° 7) e 0,05% de extrato de alecrim e 0,5% de alho em pó (ensaio n° 11), além da formulação controle que não levou nenhum aditivo.

A estocagem em câmara fria foi escolhida como uma forma similar a um expositor frigorífico, estando o salsichão exposto às variações de intensidade de luz e temperatura características.

Tabela 20 - Contagem de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e coliformes totais para salsichão fatiado em embalagem a vácuo no dia do fatiamento e aos 15 dias de estocagem (*).

Ensaio	0° dia de armazenamento			15° dia		
	Contagem mesófilos (UFC/g)	Contagem Psicrotróficos (UFC/g)	Coliformes Fecais (NMP/g)	Contagem mesófilos (UFC/g)	Contagem Psicrotróficos (UFC/g)	Coliformes Fecais (NMP/g)
5*	5 x 10	<100	<0,03	1,96 x 10 ⁷	8,7 x 10 ⁷	<0,03
7**	1,8 x 10 ²	10 ²	<0,03	5,72 x 10 ⁷	1,3 x 10 ⁸	<0,03
11***	10	3,5*10 ²	<0,03	5,9 x 10 ⁶	2,7 x 10 ⁸	<0,03
Controle****	1,5 x 10 ²	<100	<0,03	2,15 x 10 ⁷	1,4 x 10 ⁸	<0,03

(*) Estocagem a 7°C e sob iluminação fluorescente constante.

* Formulação de salsichão de frango adicionada de 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

** Formulação de salsichão de frango adicionada de 0,5% de alho em pó

*** Formulação de salsichão de frango adicionada de 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09) e 0,5% de alho em pó

**** Formulação de salsichão de frango sem a adição de alho em pó ou extrato de alecrim (Guardian™ 09)

Os salsichões de frango embalados a vácuo apresentaram contagem indicativa de deterioração, sugerindo assim um menor tempo de estocagem nas condições descritas e para esse tipo de produto. A adição de extrato de alecrim e de alho em pó não apresentou evidências da extensão da vida útil.

5.3.3. Estabilidade microbiológica do salsichão de frango fatiado, embalado com permeabilidade ao O₂ sob refrigeração.

As formulações estudadas, presentes no planejamento fatorial completo, continham 0,05% de extrato de alecrim (ensaio n° 5), 0,5% de alho em pó (ensaio n° 7) e 0,05% de extrato de alecrim e 0,5% de alho em pó (ensaio n° 11), além da formulação controle que não levou nenhum aditivo.

Nos produtos com embalagem permeável ao O₂ as formulações dos ensaios n° 5, 7 e 11 apresentaram, tanto para contagem de microrganismos mesófilos quanto psicrótrópicos, valores menores que a formulação controle, ao redor de 1 ciclo logarítmico, como observado na Tabela 21. Todas as amostras, exceto o controle, estavam com contagem em um nível aceitável (abaixo de 10⁶ UFC/g).

CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA e PIKUL (2002) acompanharam para salsichas de frango fatiadas sob atmosfera modificada e observaram que as bactérias psicrótrólicas se desenvolveram mais rapidamente nas temperaturas de 6-8°C, especialmente nas salsichas de aves sem dióxido de carbono e quando as proporções deste eram menores. Após 4 dias de estocagem de temperatura a 0-2°C em atmosfera do ar, a contagem de bactérias atingiram contagens correspondentes a 10³ UFC/g, enquanto que a contagem de bactérias nas amostras estocadas a maiores temperaturas (6-8°C) alcançou 10⁵ UFC/g. Velocidades similares de crescimento bacteriano em carne e produtos cárneos em relação à temperatura de estocagem foram encontradas na literatura (EKLUD e JARMUND, 1983; FARBER, 1991).

Tabela 21 - Contagem de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e coliformes totais para salsichão fatiado em embalagem permeável ao O₂, no dia do fatiamento e a 5 dias de estocagem (*)

Ensaio	0° dia de armazenamento			5° dia de armazenamento		
	Contagem mesófilos (UFC/g)	Contagem Psicrotróficos (UFC/g)	Coliformes Fecais (NMP/g)	Contagem mesófilos (UFC/g)	Contagem Psicrotróficos (UFC/g)	Coliformes Fecais (NMP/g)
5*	5 x 10 ²	<100	<0,03	1,8 x 10 ⁵	5 x 10 ⁵	<0,03
7**	1,8 x 10 ²	10 ²	<0,03	9,8 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁵	<0,03
11***	10	3,5*10 ²	<0,03	1,0 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	<0,03
Controle****	1,5 x 10 ²	<100	<0,03	1,5 x 10 ⁶	1,4 x 10 ⁶	<0,03

(*) Estocagem a 7°C e sob iluminação fluorescente constante.

* Formulação de salsichão de frango adicionada de 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

** Formulação de salsichão de frango adicionada de 0,5% de alho em pó

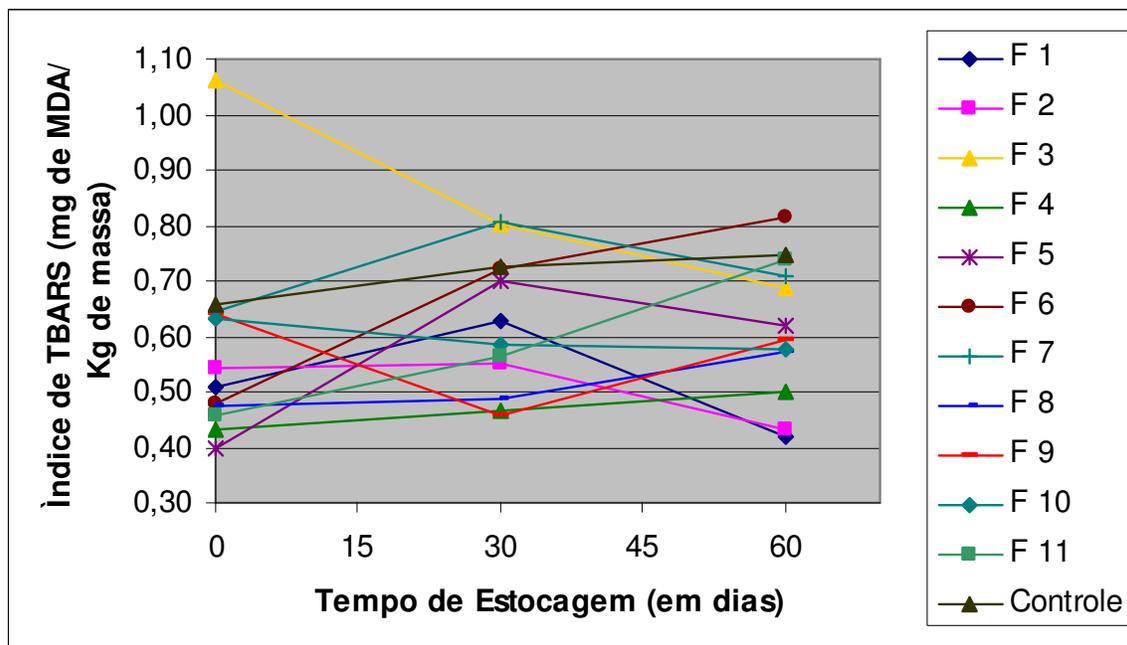
*** Formulação de salsichão de frango adicionada de 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09) e 0,5% de alho em pó

**** Formulação de salsichão de frango sem a adição de alho em pó ou extrato de alecrim (Guardian™ 09)

5.4. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica durante o tempo de estocagem do salsichão de frango embalado com filme permeável ou não ao O₂

O monitoramento da formação de substâncias de oxidação secundárias, produtos reativos ao ácido tiobarbitúrico esta demonstrado na figura 15 para o acompanhamento da oxidação de um salsichão de frango curado, estocado em tripas celulósicas e do tamanho de 500 g cada. Os produtos não sofreram oxidação significativa durante os 60 dias de estocagem. Os valores se mantiveram em uma faixa entre 0,4 e 0,7 mg de malonaldeído / kg de massa, sendo um valor abaixo do perceptível por provadores. TARLADGIS *et al.* (1960) mostrou que o

limiar de detecção para detecção de odores em carne moída de porco foi aproximadamente 0,5-1,0 mg MDA/Kg. GRAY e PEARSON (1987) apresentaram que *flavor* de ranço é inicialmente detectado em produtos carneos para valores entre 0,5 e 2,0 mg de MDA/ kg de massa.



F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

Figura 15 - Acompanhamento do estado oxidativo durante a vida útil do salsichão de frango inteiro estocado a 7°C e em câmara fria.

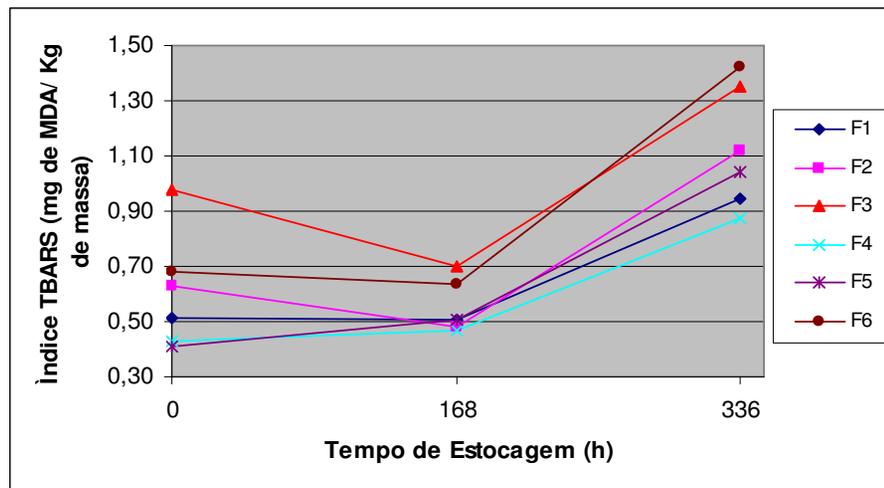
Vários fatores influenciam na formação de compostos de oxidação como a luz, temperatura, a presença de nitrito, quantidade de ferro adicionado (SAHIDI & NACZK, 2004). O nitrito tem função antibacteriana, tal como, na oxidação de gorduras e pigmentos da carne. Sua utilização é comum para dar a coloração característica de produto curado.

Valores de TBARS de lingüiça fresca de porco aumentaram em todas as amostras durante o tempo de estocagem, mas houve diferença significativa entre as amostras expostas a diferentes fontes de iluminação, em estocagem a 2 ± 1 °C. Os maiores valores durante o período de exposição correspondeu às amostras iluminadas por lâmpadas fluorescentes. Lâmpadas promolux® (baixa emissão de raios UV, com balanceamento da cor), lâmpada fluorescente com filtro UV (MARTINEZ *et al.*, 2006).

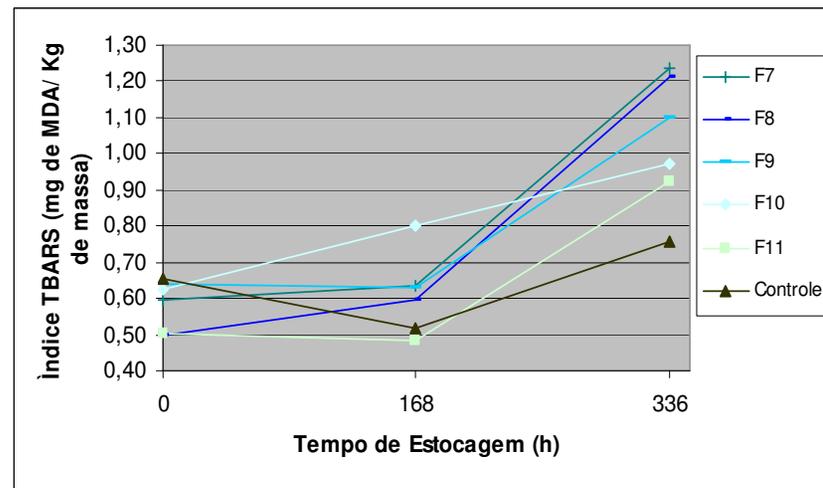
Os índices de TBARS das formulações embaladas a vácuo estão nos gráficos da Figura 16. Os maiores teores observados ao fim do tempo de estocagem, variou de 0,9 (formulação 4) a 1,4 mg de MDA/Kg de amostra (Formulação 6). A formulação controle apresentou valores relativamente baixos durante a estocagem chegando a 0,6 mg de MDA/kg de amostra.

Os índices de TBARS das formulações embaladas com permeabilidade ao O₂ estão nos gráficos da Figura 17. Até as 168 h de estocagem, os valores obtidos estiveram abaixo de 1,0 mg de MDA/Kg de massa.

O desenvolvimento de ranço através do processo de oxidação lipídica não foi significativo para quaisquer das condições de estocagem estudadas. HAAK *et al.* (2006) utilizando carne suína fresca ou cozida encontrou teores baixos de malonaldeído até o 7° dia de estocagem, independente da adição de óleos ao produto (óleo de soja e linhaça), como nesta pesquisa .



(a)



(b)

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

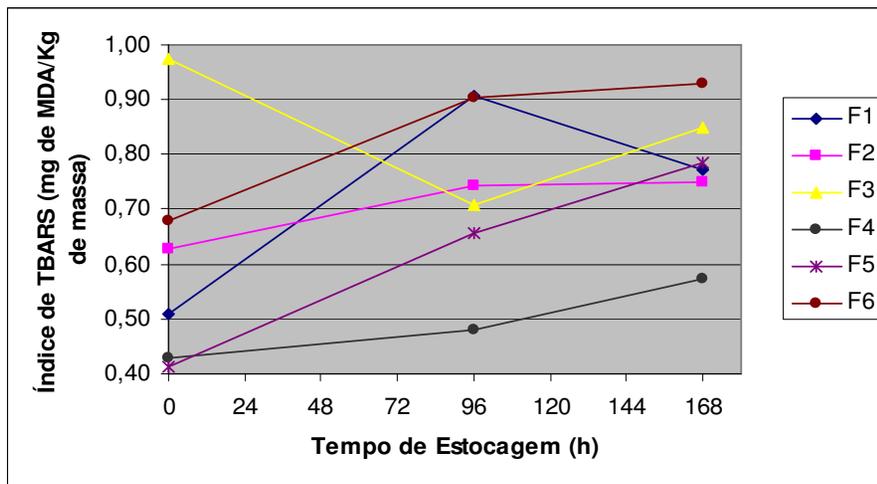
F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

Figura 16 - Gráficos dos Índices de TBARS de salsichão fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C sob iluminação constante.



(a)

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

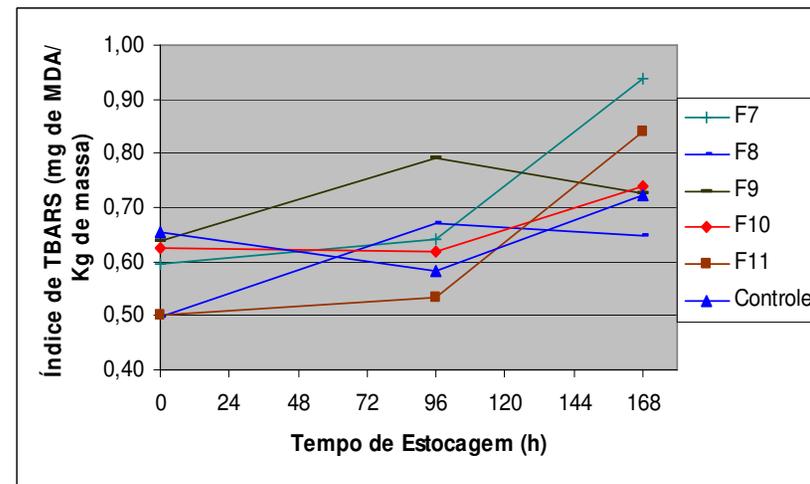
F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)



(b)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

Figura 17 - Gráficos dos índices de TBARS de salsichão fatiado, embalado com permeabilidade ao O₂ e estocado em câmara fria a 7°C sob iluminação constante.

5.5. Evolução da descoloração de salsichão de frango fatiado e estocado em câmara fria

Na indústria de alimentos, medidas de cor são usadas como um importante controle de qualidade (BARBUT, 2002). A descoloração, de produtos cárneos curados ocorre devido à oxidação dos compostos de nitrosohemocromo, formado durante o processo de cura e aquecimento da carne. A mioglobina se une ao nitrito, formando uma coloração rosada ao produto. Com a perda dessa coloração o produto adquire características pálidas. Junto à oxidação da proteína mioglobina, ocorre também à oxidação de lipídeos, principalmente insaturados (abundantes na carne de frango) (BARBUT, 2002; HEDRICK *et al.*, 1994).

Os resultados estatísticos de cor do salsichão de frango fatiado e estocado em câmara fria, a 7°C e sob iluminação fria de 1000-1500 lux, estão apresentados nos itens 5.5.1. e 5.5.2.

5.5.1. Evolução da descoloração do salsichão de frango, embalado a vácuo, estocado refrigerado, sob iluminação de 1000- 1500 lux.

Os itens 8.1 e 8.2, do anexo I apresentam as tabelas de variação da coloração L*, a* e b* para este experimento.

Os valores de luminosidade não foram significativamente influenciados pela adição de alho em pó e extrato de alecrim. Inicialmente a formulação controle apresentou luminosidade de $76,21 \pm 0,16$, pouco acima do intervalo das outras formulações que ficaram entre $71,94 \pm 0,23$ (formulação 6) até $76,65 \pm 0,47$ (formulação 7) e no final da estocagem não houve grandes variações de coloração.

Porém, o aumento no teor de carboidratos, causados pela adição do alho em pó, gera uma redução na luminosidade do produto, deixando-o mais escuro, isso pode ser observado nos valores que variaram entre $71,94 \pm 0,23$ (formulação com 1,0% de alho em pó) até $76,21 \pm 0,18$ (formulação controle sem a adição deste produto).

A perda de intensidade do pigmento vermelho ocorreu vigorosamente já nas primeiras 72 horas de estocagem, com uma leve queda até as 336 h de estocagem. Inicialmente os valores do parâmetro a^* variaram de $4,62 \pm 0,43$ (formulação 5) a $2,42 \pm 0,28$ (formulação 10). No terceiro dia, (72 h), observaram-se valores abaixo de 1 (formulação 1) até no final de 14 dias de estocagem (336 h) quando o parâmetro a^* variou do verde ao vermelho entre $-0,36 \pm 0,50$ (formulação 5) a $1,06 \pm 0,79$ (formulação 3).

A formulação 5, com a adição de 500 mg/Kg de extrato de alecrim a qual apresentou a maior intensidade de vermelho, teve a maior queda entre as amostras. A formulação 1 com a adição 0,85 % de alho em pó e 855 mg/Kg de extrato de alecrim, apesar de apresentar coloração vermelha inicial baixa, apresentou menores variações durante o período de estocagem, isso é observado nas Tabelas dos itens 8.1 e 8.2 e na variação global de coloração do produto que foi relativamente baixa.

Os valores do parâmetro b^* aumentaram levemente durante o período de estocagem. No tempo inicial o intervalo esteve entre $16,29 \pm 0,32$ (formulação 4) a $17,87 \pm 0,19$ (formulação 5), com leve aumento para valores entre $17,32 \pm 0,33$ (formulação 7) a $18,73 \pm 0,73$ (formulação 6) aos 336 horas de estocagem.

Analisando os resultados pelo sistema de cor $L^*C^*H^*$, ao final do tempo de estocagem a formulação controle apresentou o menor valor de tonalidade, que as formulações 1, 2, 3, 6,7 e 11 e a menor saturação entre todos os ensaios do planejamento experimental, mostrando que apesar de mais vermelha ela não apresentava uma grande saturação dessa coloração.

A intensidade de coloração, dada pelo valor de saturação não teve grandes variações até as 336 horas de estocagem. Isso é explicado pelo aumento do parâmetro b^* da intensidade de coloração amarela, apesar da queda do parâmetro a^* . A descoloração do produto se deu pela variação positiva do ângulo de tonalidade (ΔH) das formulações, o que significa que as amostras ficaram menos vermelhas e mais amarelas com o tempo de exposição à iluminação.

A ANOVA deste planejamento fatorial é expressa na Tabela 22. O erro puro foi baixo, fato observado pela diferença não significativa entre os pontos centrais

(Tabela 23). Entretanto houve um baixo ajuste dos pontos, com baixo coeficiente de determinação (R^2), isso devido a variáveis durante o experimento que influenciam no processo de descoloração como a intensidade de iluminação (luz do dia) em torno de 1000-1500 lux, condições de fatiamento, medição da coloração, variação de temperatura na câmara fria, etc.

Em relação ao teste de F, todas as amostras apresentaram F_{calc} para a regressão menor que o F_{tab} , mostrando a falta de ajuste para os resultados e a impossibilidade de se obter um modelo matemático das respostas de variação da coloração dos salsichões de frango nas condições de estocagem.

Tabela 22 – Coeficiente de determinação dos resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação global e variação do parâmetro a^* para salsichão embalado a vácuo e estocado a 7 °C sob iluminação constante durante 336 horas.

	R^2	F_{cal}	$F_{5;5;5\%}$
ΔC	0,361	0,566	5,05
ΔH	0,811	5,374	5,05
Δa^*	0,582	1,390	5,05
ΔE	0,725	3,143	5,05

ΔC – Variação da cromaticidade ou saturação da amostra

ΔH – Variação do ângulo de tonalidade

Δa^* - Variação do parâmetro a^*

ΔE – Variação global de coloração

A Tabela 23 apresenta os resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação global e variação do parâmetro a^* para salsichão embalado a vácuo e estocado a 7 °C sob iluminação constante. Analisando os resultados através da variação medida pelo teste de média de *tukey*, os parâmetros de variação da cromaticidade, do ângulo de tonalidade e da

intensidade da coloração vermelha e variação global de coloração apresentaram variação significativa principalmente quando se atenta aos pontos axiais.

A variação da cromaticidade (ΔC) apresentou variabilidade em relação aos pontos axiais, como menor variação -1,01 (formulação 5), devido a grande queda do parâmetro a^* e não variação do parâmetro b^* durante a estocagem.

A variação do ângulo de tonalidade (ΔH) apresentou as menores variações em relação às amostras com alta concentração de alho em pó (formulações 1 e 6), as amostras com maiores concentrações de extrato de alecrim apresentaram os maiores ΔH (formulação 5).

As formulações com alho em pó F1, F3 e F6, apresentaram valores iniciais de cromaticidade e ângulo de tonalidade menores, e nesses casos houve menor perda da coloração do produto durante o tempo de estocagem, fato observado pelo valor de variação global de coloração (ΔE) na Tabela 23.

Tabela 23 - Resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação global e variação do parâmetro a* para salsichão embalado a vácuo e estocado a 7 °C sob iluminação constante.

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	ΔC	ΔH	Δa^*	ΔE
F1	0,855 (+1)	0,085 (+1)	1,30 ^a	1,64 ^{ab}	-1,51 ^{bc}	2,41 ^a
F2	0,145 (-1)	0,085 (+1)	1,48 ^{ac}	2,19 ^{abc}	-2,02 ^{abc}	3,56 ^{cde}
F3	0,855 (+1)	0,015 (-1)	0,66 ^{ab}	2,30 ^{abcd}	-2,21 ^{abc}	2,40 ^{ab}
F4	0,145 (-1)	0,015 (-1)	1,40 ^{ac}	3,52 ^e	-3,30 ^a	4,19 ^{de}
F5	0 (-1,41)	0,05 (0)	-1,01 ^d	4,89 ^f	-4,98 ^d	5,21 ^f
F6	1 (+1,41)	0,05 (0)	2,39 ^c	1,44 ^a	-1,03 ^c	2,86 ^{ab}
F7	0,5 (0)	0 (-1,41)	-0,15 ^{bd}	2,62 ^{bcde}	-2,62 ^{ab}	3,25 ^{abc}
F8	0,5 (0)	0,1 (+1,41)	1,07 ^a	3,42 ^{cde}	-3,30 ^a	4,45 ^{ef}
F9	0,5 (0)	0,05 (0)	0,56 ^{ab}	3,31 ^{cde}	-3,25 ^a	3,44 ^{bcd}
F10	0,5 (0)	0,05 (0)	0,59 ^{ab}	2,11 ^{abc}	-2,06 ^{abc}	3,38 ^{abcde}
F11	0,5 (0)	0,05 (0)	0,87 ^{ab}	2,79 ^{bcde}	-2,64 ^{ab}	3,23 ^{abc}
Controle	0 (---)	0 (----)	0,43 ^{ab}	3,35 ^{de}	-3,26 ^a	3,91 ^{de}

*a,b,c Valores em uma mesma coluna com letras semelhantes não são significantes diferentes (p<0,05)

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

5.5.2. Evolução da descoloração do salsichão de frango em embalagem permeável ao O₂, refrigerado, sob iluminação de 1000- 1500 lux.

Os parâmetros de coloração de acordo nos tempos 0, 48, 72 e 168h estão apresentados em detalhes no anexo I, itens 8.3 e 8.4.

A luminosidade variou inicialmente entre $71,94 \pm 0,23$ (formulação 6) e $76,65 \pm 0,47$ (formulação 7). A adição do alho em pó contribuiu para diminuição da luminosidade do produto em comparação com as outras formulações, provavelmente por influência do alto teor de carboidratos desse ingrediente. Observa-se pouca ou nenhuma variação das amostras até as 168 h de estocagem.

Os valores de intensidade de coloração vermelha do produto estiveram entre $2,48 \pm 0,35$ (formulação 1) a $4,62 \pm 0,43$ (formulação 5). Observa-se uma pequena queda após 48 h, e que se estabiliza até o final do período. Os pontos centrais (F9, 10 e 11) apresentaram resultados quase sempre próximos à amostra controle.

O parâmetro b* tem pouca variação até as 72 h de estocagem, com um leve aumento até os 168 h de estocagem, tal como observado para os produtos à vácuo

A Tabela 24 apresenta os resultados de variação da cromaticidade (ΔC), variação do ângulo de tonalidade (ΔH), variação do parâmetro a* (Δa^*) e variação global da coloração (ΔE) para uma estocagem de 168 h do salsichão de frango fatiado e embalado em filme permeável ao O₂.

Os valores das variações não apresentaram diferenças significativas a $p < 0,05$. Os pontos extremos (formulações de 5 a 8) do planejamento com adição de extrato de alecrim e alho em pó apresentaram resultados levemente maiores de variação na coloração, em relação à cromaticidade, ângulo de tonalidade, intensidade de vermelho e parâmetro global de coloração em relação às outras formulações estudadas.

Tabela 24 - Resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação global e variação do parâmetro a* para salsichão embalado com filme permeável ao O₂ e estocado a 7 °C sob iluminação constante em câmara fria.

Ensaio	Alho em pó (%)	Extrato de		ΔC	ΔH	Δa^*	ΔE
		Alecrim (%)					
F1	0,855 (+1)	0,085 (+1)		3,03 ^b	0,99 ^a	-0,64 ^d	3,43 ^{abcd}
F2	0,145 (-1)	0,085 (+1)		2,69 ^{ab}	1,98 ^{abcd}	-1,66 ^{abcd}	4,03 ^{cde}
F3	0,855 (+1)	0,015 (-1)		2,04 ^{ac}	1,99 ^{abcde}	-1,70 ^{abcd}	2,90 ^a
F4	0,145 (-1)	0,015 (-1)		2,91 ^{ab}	2,97 ^{de}	-2,50 ^{ab}	5,12 ^{ef}
F5	0 (-1,41)	0,05 (0)		3,95 ^{ab}	2,97 ^{cde}	-2,16 ^{abc}	5,22 ^{bcde}
F6	1 (+1,41)	0,05 (0)		0,69 ^{ab}	2,90 ^e	-2,82 ^a	4,79 ^f
F7	0,5 (0)	0 (-1,41)		1,91 ^c	2,18 ^{abcde}	-1,88 ^{abcd}	3,21 ^{ab}
F8	0,5 (0)	0,1 (+1,41)		2,05 ^a	3,03 ^e	-2,80 ^a	4,37 ^{de}
F9	0,5 (0)	0,05 (0)		2,69 ^{ab}	1,37 ^{abc}	-0,95 ^{cd}	3,35 ^{abcd}
F10	0,5 (0)	0,05 (0)		2,28 ^{ac}	1,37 ^{ab}	-1,13 ^{bcd}	3,14 ^{abc}
F11	0,5 (0)	0,05 (0)		2,04 ^{ac}	1,88 ^{abc}	-1,52 ^{abcd}	3,11 ^{abcd}
Controle	0 (---)	0 (----)		1,95 ^{ab}	2,13 ^{bcde}	-1,77 ^{abcd}	3,28 ^{abcd}

*a,b,c,... Valores em uma mesma coluna com letras semelhantes não são significantes diferentes (p<0,05)

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

A análise de ANOVA apresentada na Tabela 26 mostra que não houve uma boa correlação dos resultados, com um baixo erro puro e baixo ajuste dos dados em um modelo matemático. Nessas condições não foi significativa a ação da adição de extrato de alecrim e alho em pó nas condições apresentadas.

Os dados obtidos com o experimento nestas condições não apresentaram boa correlação e ajuste dos dados. Apesar de haver um baixo erro puro do experimento, observado pela repetibilidade de resultados nos pontos centrais.

Tabela 25 - Correlação dos resultados de variação da cromaticidade, variação do ângulo de tonalidade, variação do parâmetro a^* e variação global para salsichão em embalado com filme permeável ao O_2 e estocado a 7 °C sob iluminação constante durante 168 horas.

	R^2	F_{cal}	$F_{tab_{5;5;5\%}}$
ΔC	0,574	1,350	5,05
ΔH	0,429	0,901	5,05
Δa^*	0,312	0,454	5,05
ΔE	0,757	3,123	5,05

Assim o experimento fatorial com adição de alho em pó e extrato de alecrim, nas condições de 7°C, embalado com permeabilidade ao O_2 , iluminação tipo luz do dia constante de 1000 -1500 lux, não permitiu gerar um modelo matemático, pois não teve efeito significativo ($p > 0,05$).

5.6. Evolução da descoloração de salsichão de frango fatiado e estocado em BOD

5.6.1. Evolução da descoloração do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD a 7°C, sob iluminação constante de 3000 lux.

As medidas de cor em relação ao tempo de estocagem para o salsichão de frango embalado a vácuo, estão descritos nos itens 9.1 e 9.2. A Tabela 26 apresenta os parâmetros L^* , a^* e b^* da coloração após 0, 96 e 336 horas de estocagem.

Esse experimento teve como diferencial o modo de estocagem do produto, a intensidade de iluminação utilizada e o equipamento de medida da iluminação (colorímetro portátil). Assim, observaram-se resultados semelhantes com o experimento em câmara fria, tal como, a diminuição da luminosidade das amostras com maior adição do alho em pó e um efeito positivo para a diminuição da variação do ângulo de tonalidade e parâmetro a^* de coloração.

Os valores de luminosidade aumentaram durante as primeiras 48 horas de estocagem. Os valores no tempo 0 variaram de $71,66 \pm 0,47$ (formulação 1) a $75,94 \pm 0,13$ (controle) e após 336 horas houve um leve aumento para um intervalo $76,42 \pm 0,69$ (formulação 6) e $81,52 \pm 0,33$ (controle). A formulação controle apresentou os maiores valores de luminosidade.

A luminosidade é uma variável que é considerada para o cálculo da variação global da cor (ΔE) (Equação 4), assim quanto maior for essa variação, maior será a diferença do produto no final de estocagem em relação ao início. A tendência de aumento da luminosidade é diretamente relacionada à descoloração do produto, pois o produto tenderá mais a coloração branca.

YU *et al.* (2002) estudaram embutidos cozidos de peru adicionado de extrato de alecrim e chegaram à conclusão de que a adição do extrato de alecrim gerou significativamente a $p < 0,05$ a diminuição da luminosidade da amostra, isso

foi detectado em amostras a níveis de 250 e 500 mg/kg durante 13 dias de estocagem.

NEVES (2001) obteve resultados semelhantes em um estudo com um embutido cozido de peru, os valores de L durante 120 minutos de exposição a iluminação aumentaram e o controle sem a suplementação de vitamina E apresentou os maiores valores de L naquele experimento.

O parâmetro b^* diminuiu com o tempo de estocagem. Inicialmente os valores estavam entre $20,5 \pm 0,19$ (formulação 11) a $23,46 \pm 0,26$ (formulação 1), e com 336 horas de estocagem os resultados variaram de $18,92 \pm 0,663$ (controle) a $22,01 \pm 0,51$ (formulação 6).

O parâmetro a^* decresceu fortemente já nas primeira 24 horas (Tabela 47), com pequena queda até as 336 horas de estocagem. Após 96 horas de estocagem as formulações com extrato de alecrim e alho em pó apresentaram valores mais altos que o controle em relação ao parâmetro a^* .

Yu *et al.* (2002) também concluíram que as amostras com extrato de alecrim apresentam maiores valores de intensidade de coloração de vermelho que o controle, para concentração de extrato de alecrim de até 500 mg/Kg de produto.

Nesse experimento com o salsichão de frango a interação da adição de extrato de alecrim e alho em pó a níveis máximos de respectivamente 0,1 % e 1%, teve efeito significativo para o aumento dos valores absolutos do parâmetro a^* , tal como a coloração vermelha através de menores ângulos de tonalidade na coloração do produto no tempo de início de estocagem.

Tabela 26 - Salsichão de frango embalado a vácuo, estocado em BOD, a 7°C sob iluminação constante de 3000 lux.

Ensaio	0 h			96h			336 h		
	L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
F1	71,66	8,66	23,46	76,78	1,97	22,23	78,27	2,84	21,18
F2	73,11	8,58	22,06	79,13	2,04	20,19	79,89	2,48	20,99
F3	74,20	7,39	21,91	78,46	2,03	18,38	78,05	2,37	19,22
F4	72,10	10,71	23,10	76,10	2,92	19,46	76,36	2,66	20,38
F5	74,36	9,67	22,11	78,95	2,58	19,41	78,85	2,23	20,33
F6	71,54	9,54	24,16	76,35	2,86	20,96	76,42	3,03	22,01
F7	75,41	8,14	21,74	78,77	2,06	18,99	80,64	1,92	19,51
F8	73,55	8,71	22,60	77,58	2,25	20,91	79,31	2,45	20,85
F9	74,63	8,50	22,13	78,29	2,39	21,01	79,53	2,39	21,46
F10	75,44	8,17	20,94	79,12	1,95	18,82	79,47	2,44	20,50
F11	74,79	8,29	20,50	78,30	2,63	18,90	79,06	2,72	20,83
Controle	75,94	8,30	20,78	80,85	2,19	18,73	81,52	1,88	18,92

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

Na Tabela 27 estão descritos os resultados de coloração do planejamento experimental para ΔC , Δa^* e ΔE no tempo de 336 horas de estocagem do salsichão de Frango estocado a vácuo. Nos itens posteriores, o tratamento estatístico das curvas de contorno e coeficientes de regressão dos resultados é apresentado.

Os valores de ângulo de tonalidade (h) e a Cromaticidade (C^*) são parâmetros de coloração que em sua equação utiliza ambos os valores a^* e b^* . Assim, os modelos matemáticos obtidos representaram melhor a variação na coloração, que não ocorre de forma linear no espaço $L^*a^*b^*$.

Houve diferenças ($p < 0,05$) entre as formulações 1 a 4 para a variação de saturação durante 336 h de estocagem, enquanto que os extremos, o controle e os pontos centrais não apresentaram variações significativas entre as variações. As formulações 1 e 3 com maior concentração de alho apresentaram as menores variações do ângulo de tonalidade. Os pontos axiais do planejamento experimental (formulações 5 a 8) mostraram valores próximos ao do controle. As formulações 4 e 5 com menores concentrações do alho em pó apresentaram os maiores valores de descoloração em relação ao tempo.

As formulações 1, 2, 4 e 5 apresentaram variações globais de cor maiores que a controle. As formulações 8, 6 e 7 apresentaram valores muito próximos do controle, enquanto os pontos centrais e a formulação 3 (0,015% de extrato de alecrim e 0,855% de alho em pó) apresentaram sempre valores menores de variação global de cor em relação ao controle.

Tabela 27 - Planejamento experimental e resultados de ΔC , ΔH , ΔE e Δa^* para salsichão de frango embalado a vácuo, estocado sob iluminação constante (3000 lux) durante 14 dias

Ensaio	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	ΔC	ΔH	ΔE	Δa^*
1	0,855 (+1)	0,085 (+1)	-3,64 ^{ab}	5,08 ^d	9,10 ^{ab}	-5,82 ^a
2	0,145 (-1)	0,085 (+1)	-2,53 ^{ce}	5,66 ^{ab}	9,19 ^{ab}	-6,10 ^{ac}
3	0,855 (+1)	0,015 (-1)	-3,76 ^{ab}	4,28 ^e	6,88 ^e	-5,02 ^e
4	0,145 (-1)	0,015 (-1)	-4,91 ^b	6,94 ^c	9,51 ^a	-8,05 ^f
5	0 (-1,41)	0,05 (0)	-3,68 ^{ab}	6,71 ^c	8,87 ^{abc}	-7,44 ^g
6	1 (+1,41)	0,05 (0)	-3,76 ^{ab}	5,74 ^{ab}	8,42 ^{cd}	-6,51 ^b
7	0,5 (0)	0 (-1,41)	-3,61 ^{ab}	5,54 ^{ab}	8,43 ^{cd}	-6,22 ^{bc}
8	0,5 (0)	0,1 (+1,41)	-3,23 ^{ac}	5,64 ^{ab}	8,68 ^{bc}	-6,26 ^{bc}
9	0,5 (0)	0,05 (0)	-2,11 ^{cde}	5,77 ^b	7,86 ^d	-6,11 ^a
10	0,5 (0)	0,05 (0)	-1,83 ^{de}	5,45 ^a	7,02 ^e	-5,73 ^a
11	0,5 (0)	0,05 (0)	-1,11 ^d	5,47 ^a	7,03 ^e	-5,57 ^{ad}
Controle	0 (---)	0 (----)	-3,37 ^{ac}	5,78 ^b	8,71 ^{bc}	-6,42 ^b

*Valores em uma mesma coluna com letras semelhantes não são significantes diferentes ($p < 0,05$)

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

5.6.1.1. Efeito do alho em pó e extrato de alecrim sobre a variação da saturação do salsichão de frango a vácuo, estocado em BOD.

Os resultados da variação da saturação durante 336 h é uma medida da perda de intensidade da coloração. Na Tabela 28 é possível avaliar os coeficientes de regressão e a interação alho/alecrim.

Tabela 28 - Coeficientes de regressão para a variação da cromaticidade durante 336h de estocagem (valores codificados).

	Efeito	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	p-valor	Coeficiente Ajustado	p-valor
Média	-1,683*	-1,683	0,265	0,002	-1,683	0,0004
Alho (L)	-0,015	-0,007	0,162	0,964		
Alho (Q)	-2,105*	-1,052	0,193	0,003	-1,052	0,001
Alecrim (L)	0,759	0,379	0,162	0,066	0,379	0,043
Alecrim (Q)	-1,808*	-0,904	0,193	0,005	-0,904	0,002
Alho x Alecrim	-1,132*	-0,565	0,229	0,057	-0,565	0,035

* amostras com efeitos significativos a p-valor < 0,05. $R^2 = 0,912$ $F_{cal}(15,499) > F_{4,6;5\%}(5,19)$

Na Figura 19, a superfície de contorno mostra a variação de saturação em relação à adição do alho em pó e do extrato de alecrim. As formulações com menores perdas se apresentavam no ponto central (formulações 9, 10 e 11) (Tabela 27).

O F calculado para a regressão (15,499) é altamente significativo e porcentagem da variação explicada (R^2) foi de 91,2%, podendo se concluir que o modelo se ajusta bem aos dados da variação da saturação durante o tempo de estocagem do embutido curado e fatiado, embalado a vácuo.

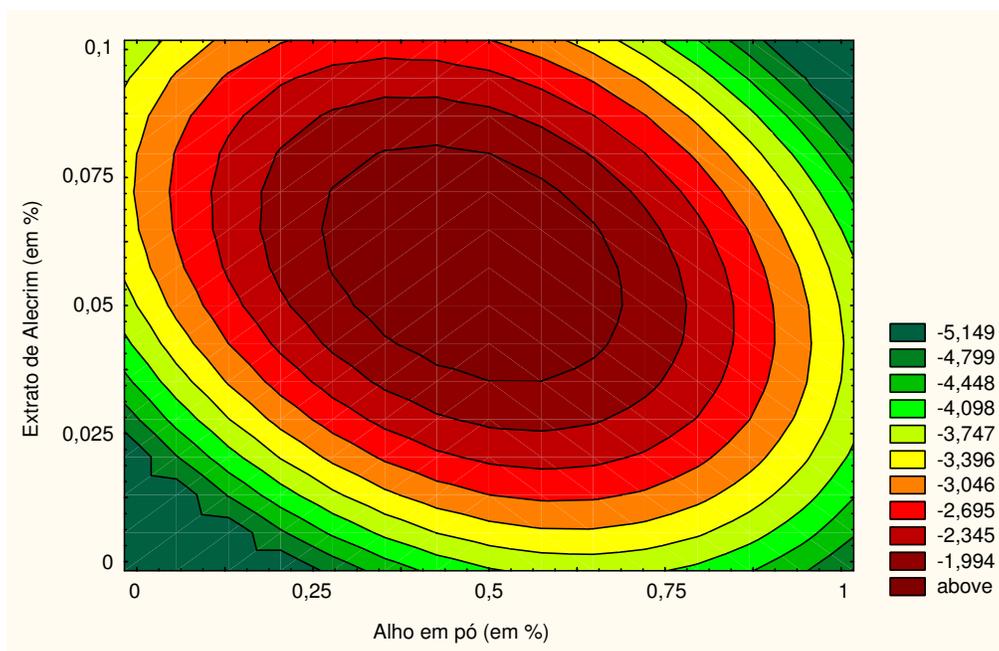


Figura 18 - Superfície de contorno da variação da cromaticidade (ΔC) do salsichão de frango estocado por 336 horas sob iluminação fria de 3000 lux e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim estocado em BOD a $7^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e embalagem a vácuo.

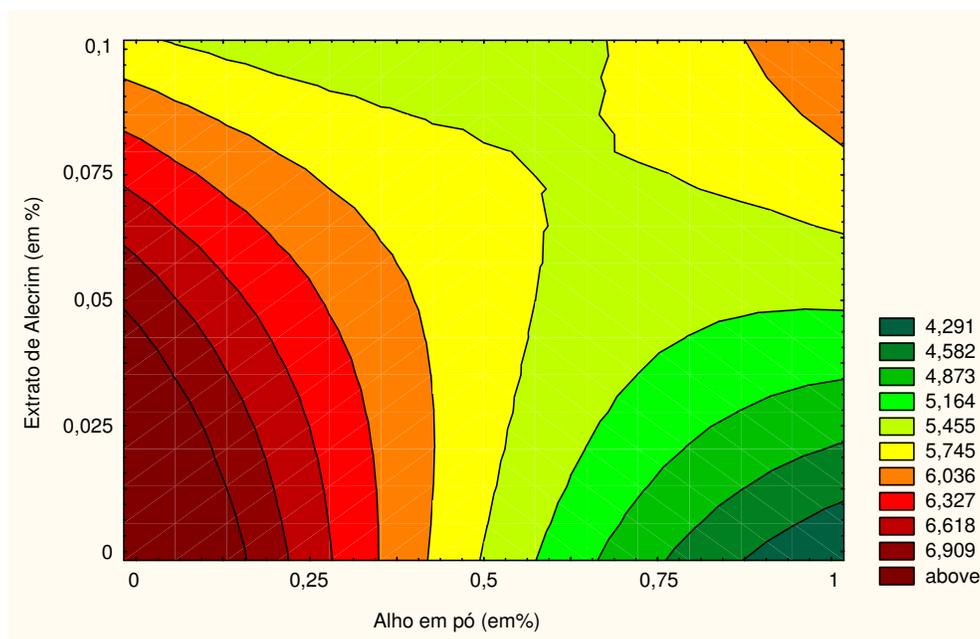


Figura 19 - Superfície de contorno da variação do ângulo de tonalidade do salsichão de frango embalado a vácuo estocado por 336 horas sob iluminação fria constante de 3000 lux e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim estocado em BOD a $7^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

5.6.1.2. Efeito do alho em pó e extrato de alecrim sob a variação do ângulo de tonalidade do salsichão de frango a vácuo estocado em BOD

Os resultados apresentados na Tabela 29, mostram que o incremento de alho retardou a perda da coloração vermelha da formulação (menor ΔH) durante o período de estocagem. O extrato de alecrim teve um grande efeito na interação entre os dois ingredientes que foi positiva para o aumento da variação, mostrando que houve uma menor estabilidade de cor.

Tabela 29 - Coeficientes de regressão para a resposta ΔH das amostras a 336h estocadas em relação ao tempo inicial (valores codificados)

	Efeito	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	p-valor	Coeficiente Ajustado	p-valor
Média*	5,564	5,564	0,243	0,000	5,661	0,000
Alho (L) *	-1,150	-0,575	0,149	0,012	-0,575	0,004
Alho (Q)	0,451	0,225	0,177	0,259		
Alecrim (L)	-0,086	-0,043	0,149	0,785		
Alecrim (Q)	-0,184	-0,092	0,177	0,625		
Alho x Alecrim*	1,041	0,520	0,210	0,056	0,205	0,035

* amostras com efeitos significativos a p-valor < 0,5. $R^2 = 0,826$;

* $R^2_{ajustado} = 0,735$; $F_{ajustado} (11,10) > F_{2;8;5\%}(4,46)$

5.6.1.3. Efeito do alho em pó e extrato de alecrim sob a variação global da cor do salsichão de frango a vácuo estocado em BOD

A variação global da coloração considera as variações dos parâmetros a^* , b^* e luminosidade. Os termos quadráticos e a interação têm um efeito grande sobre o processo de variação global da coloração. As menores variações foram de produtos que tinham concentrações de alho de 0,5% (0) a 0,855 % (1) e de alecrim de 0,015 % (-1) e 0,05% (0). Isso é confirmado na superfície de contorno gerada da resposta ΔE em relação ao extrato de alecrim e alho em pó em diferentes concentrações.

Tabela 30 - Coeficientes de regressão para a resposta ΔE das amostras a 336h estocadas em relação ao tempo inicial (valores codificados)

	Efeito	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	p-valor
Média	7,302*	7,302	0,295	2,01E-06
ALHO (L)	-0,842	-0,421	0,180	0,067
ALHO (Q)	1,375*	0,687	0,215	0,024
ALECRIM (L)	0,562	0,281	0,180	0,181
ALECRIM (Q)	1,290*	0,645	0,215	0,030
Alecrim X Alho	1,270*	0,635	0,256	0,055

* amostras com efeitos significativos a p-valor < 0,1. $R^2=0,85$ $F_{cal}(5,773) > F_{tab}(5,05)$

O F calculado para a regressão (5,773) é significativo e a porcentagem de variação explicada (R^2) foi de 85%, podendo-se concluir que o modelo se ajusta de forma aceitável aos dados de variação global da coloração durante o tempo de

estocagem do embutido curado, fatiado e embalado a vácuo nas condições de estocagem em BOD.

A variação global da cor somente mostra que o produto está diferente do inicial, porém não mostra como ele está diferente. A conclusão é que as formulações nos intervalos descritos têm efeitos parecidos sobre a variação de coloração, sejam em associação ou isoladamente.

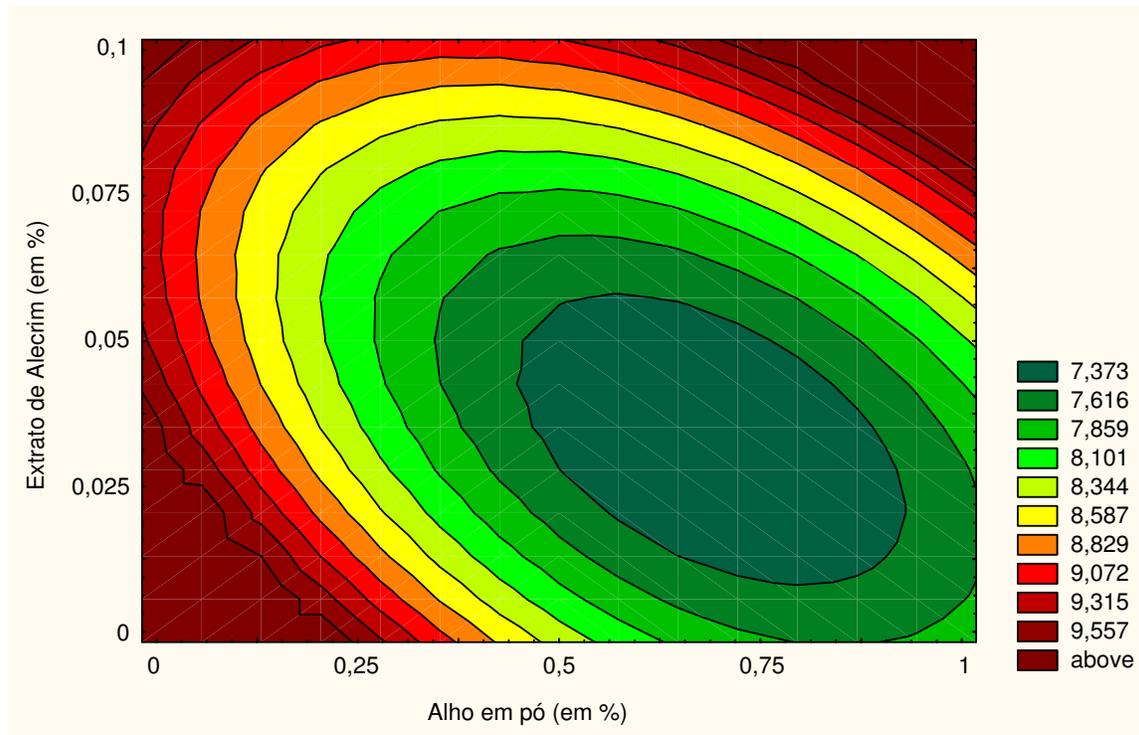


Figura 20 - Superfície de contorno da variação global da cor para salsichão de frango estocado sob iluminação e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim, estocado em BOD a 7°C sob iluminação constante de 3000 lux e embalagem a vácuo.

As formulações com alho em pó entre 0,5 a 0,9 % e extrato de alecrim entre 0,05 a 0,015 % apresentaram as menores variações globais de cor. Os pontos axiais apresentaram valores mais altos de variação global, ressaltando que a formulação controle apresenta maiores variações até o 4º dia, porém após isso os valores têm menor crescimento. A formulação controle sempre se apresentou dentro do intervalo das variações globais dos ensaios.

5.6.2. Evolução da descoloração do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD a 7°C, sob iluminação constante de 3000 lux.

O acompanhamento dos parâmetros de cor durante o período de 7 dias (168h) de estocagem está detalhadamente apresentado nos itens 9.3 e 9.4 do anexo II.

A luminosidade aumentou com o tempo de estocagem. Inicialmente as formulações variaram de $73,60 \pm 0,28$ (formulação 1) a $76,58 \pm 0,33$ (controle) e após 168 horas o intervalo aumentou para $77,77 \pm 1,22$ (formulação 4) a $82,70 \pm 0,57$ (formulação 7). A formulação controle apresentou a maior luminosidade entre as amostras, isso pela menor concentração de carboidratos ou ingredientes adicionados.

O parâmetro a* sofreu uma grande queda já nas primeiras 24 horas e se estabilizou após as 48 horas de estocagem. No tempo 0 os valores estavam entre $6,91 \pm 0,28$ (formulação 3) a $9,57 \pm 0,36$ (formulação 4) e já nas primeiras 48 horas os parâmetros a* estavam todos entre 2 e 3. Observou-se uma queda mais severa do parâmetro de intensidade vermelha em relação à embalagem a vácuo, isso pode ser explicado pela maior exposição ao oxigênio que o produto sofreu.

O parâmetro b* apresentou valores com poucas modificações, mantendo-se no intervalo entre $17,16 \pm 0,36$ a $20,81 \pm 0,35$.

Os resultados de coloração do planejamento experimental para ΔE , ΔC , AH e Δa^* durante 168 horas de estocagem do salsichão de Frango estocado em embalagem permeável ao O₂ estão descritos na Tabela 32. A análise estatística do efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó sobre as essas respostas foi discutida nos itens 5.6.2.1 a 5.6.2.3.

Tabela 31 – Acompanhamento da coloração de salsichão de frango embalado com filme permeável ao O₂, estocado em BOD a 7°C e sob iluminação constante de 3000 lux.

Ensaio	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	0 h			48 h			168 h		
			L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
1	0,855	0,085	73,60	8,05	20,81	75,38	2,16	21,03	78,79	1,00	20,59
2	0,145	0,085	75,28	8,43	19,89	76,10	2,32	19,01	78,45	1,69	19,32
3	0,855	0,015	75,34	6,91	20,21	75,92	2,15	19,17	80,57	1,39	18,14
4	0,145	0,015	73,38	9,57	19,69	75,35	2,93	18,94	77,77	1,89	20,14
5	0	0,05	75,33	8,33	18,98	76,74	2,45	18,65	80,62	1,88	18,62
6	1	0,05	73,38	7,96	20,68	75,34	2,61	19,46	78,52	1,79	19,34
7	0,5	0	76,06	7,21	19,08	76,55	2,44	18,30	82,70	1,27	17,16
8	0,5	0,1	74,41	7,98	19,92	76,35	2,50	20,14	81,22	1,38	20,04
9	0,5	0,05	75,06	7,89	20,30	76,35	2,59	20,06	80,94	1,53	19,47
10	0,5	0,05	75,68	7,74	19,61	76,22	2,71	19,33	81,32	1,66	18,73
11	0,5	0,05	75,09	8,19	19,28	76,02	2,86	17,98	79,25	1,74	18,17
Controle	0	0	76,58	8,01	18,81	79,79	2,19	17,48	81,70	1,35	17,60

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (Guardian™ 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim

Tabela 32 - Planejamento experimental e resultados de ΔC , ΔE e Δa^* para salsichão de frango embalado com filme permeável ao O_2 , estocado em BOD a $7^\circ C$ e sob iluminação constante (3000 lux) e durante 7 dias (168 h)

Ensaio	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	ΔC	ΔH	ΔE	Δa^*
1	0,855 (+1)	0,085 (+1)	-1,70 ^{bd}	6,85 ^{abc}	8,76 ^{abd}	-7,05 ^{ab}
2	0,145 (-1)	0,085 (+1)	-2,20 ^{bd}	6,39 ^d	7,47 ^a	-6,74 ^{bc}
3	0,855 (+1)	0,015 (-1)	-3,16 ^e	4,97 ^f	7,88 ^f	-5,52 ^f
4	0,145 (-1)	0,015 (-1)	-1,66 ^{abc}	7,51 ^e	8,86 ^a	-7,68 ^d
5	0 (-1,41)	0,05 (0)	-2,02 ^{abd}	6,13 ^{cd}	8,35 ^{ab}	-6,45 ^c
6	1 (+1,41)	0,05 (0)	-2,74 ^{abc}	5,69 ^a	8,14 ^{ef}	-6,17 ^e
7	0,5 (0)	0 (-1,41)	-3,19 ^{abc}	5,36 ^a	9,11 ^{cef}	-5,94 ^e
8	0,5 (0)	0,1 (+1,41)	-1,37 ^d	6,46 ^{ab}	9,49 ^{abd}	-6,60 ^a
9	0,5 (0)	0,05 (0)	-2,25 ^{abd}	6,01 ^{ab}	8,70 ^{abcde}	-6,36 ^a
10	0,5 (0)	0,05 (0)	-2,27 ^{ac}	5,71 ^{abcd}	8,34 ^{acef}	-6,08 ^a
11	0,5 (0)	0,05 (0)	-2,70 ^{ac}	5,96 ^{ab}	7,75 ^{bcdef}	-6,45 ^a
Controle	0 (---)	0 (----)	-2,79 ^{ce}	6,16 ^{bcd}	8,49 ^a	-6,66 ^{abc}

*a,b...Valores em uma mesma coluna com letras semelhantes não são significantes diferentes ($p < 0,05$)

F1: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F2: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0855% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F3: Formulação com 0,855% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F4: Formulação com 0,145% de alho em pó e 0,0145% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F5: Formulação com 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F6: Formulação com 1,0 % de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F7 : Formulação com 0,5% de alho em pó

F8: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,1% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F9: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F10: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

F11: Formulação com 0,5% de alho em pó e 0,05% de extrato de alecrim (GuardianTM 09)

Controle: Formulação sem a adição de alho em pó e extrato de alecrim (GuardianTM 09)

5.6.2.1. Efeito do alho em pó e extrato de alecrim sob a variação da saturação do salsichão de frango embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD

Os valores dos coeficientes de regressão ajustado e os efeitos para a variação da saturação em 168 horas de estocagem em relação à adição de extrato de alecrim e alho em pó encontram-se na Tabela 33. Somente os termos lineares e de interação foram significativos a $p < 0,05$ em relação a seus efeitos e coeficiente de regressão.

No caso da saturação observa-se que a adição de extrato de alecrim teve um efeito positivo no retardamento da variação da perda de saturação da amostras. Mostrando que esse ingrediente pode proteger contra a descoloração durante a estocagem.

Tabela 33 – Tabela de coeficientes de regressão para a variação do teor de saturação em 168 h de estocagem (valores codificados).

	Efeito	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	p-valor	Coeficiente Ajustado
Média	-2,405*	-2,40547	0,184	0,000	-2,297
Alho (L)	-0,503*	-0,252	0,226	0,076	-0,252
Alho (Q)	0,102	0,050	0,269	0,720	
Alecrim (L)	0,873*	0,436	0,226	0,012	0,437
Alecrim (Q)	0,197	0,099	0,269	0,495	
Alho x Alecrim	1,001*	0,500	0,319	0,026	0,501

* amostras com efeitos significativos a $p\text{-valor} < 0,1$. R^2 ajustado= 0,842 $F_{cal} (27,939) > F_{3,7,5\%}(4,35)$

Na Figura 21 foi possível observar, pela curva de contorno, que a adição de alho em pó influencia negativamente na manutenção da saturação, enquanto que o extrato de alecrim age de forma positiva. Observa-se que a interação do alho e do alecrim tem um efeito positivo para diminuição da perda de saturação durante a estocagem.

5.6.2.2. Efeito do alho em pó e extrato de alecrim sob a variação do ângulo de tonalidade do salsichão de frango embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD

O termo linear do alho apresentou efeito negativo sobre a variação positiva de ΔH. Porém, quando se analisa a interação há uma tendência de influenciar o aumento da coloração amarela da formulação, supostamente pela influência da adição de extrato de alecrim.

Tabela 34 – Tabela de coeficientes de regressão para a variação do ângulo de tonalidade após 168 h de estocagem (valores codificados).

	Efeito	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	p-valor	Coeficiente Ajustado	p-valor
Média	5,893	5,893	0,249	0,000	6,095	0,000
Alho (L)	-0,677	-0,339	0,153	0,078	-0,339	0,076
Alho (Q)	0,279	0,139	0,182	0,478		
Alecrim (L)	0,577	0,289	0,153	0,118		
Alecrim (Q)	0,278	0,139	0,182	0,478		
Alho x Alecrim	1,499	0,750	0,216	0,018	0,750	0,013

* amostras com efeitos significativos a p-valor < 0,1. R² ajustado= 0,642 Fcal (7,15) > F_{2;8;5%}(4,46)

As amostras que apresentaram os menores ΔH estiveram no intervalo de extrato de alecrim entre 0 – 0,05 % e alho em pó entre 0,5 – 1,0%, isso é visto na figura 22.

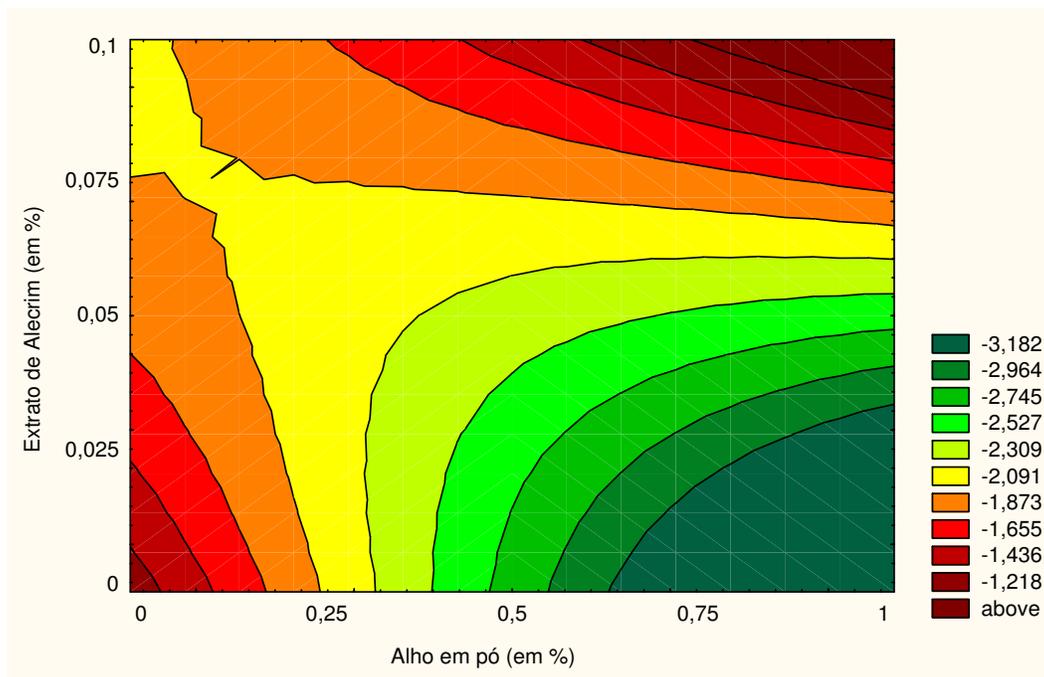


Figura 21 - Superfície de contorno da variação da saturação de salsichão de frango, embalado com filme permeável ao O₂ e estocado sob iluminação e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim.

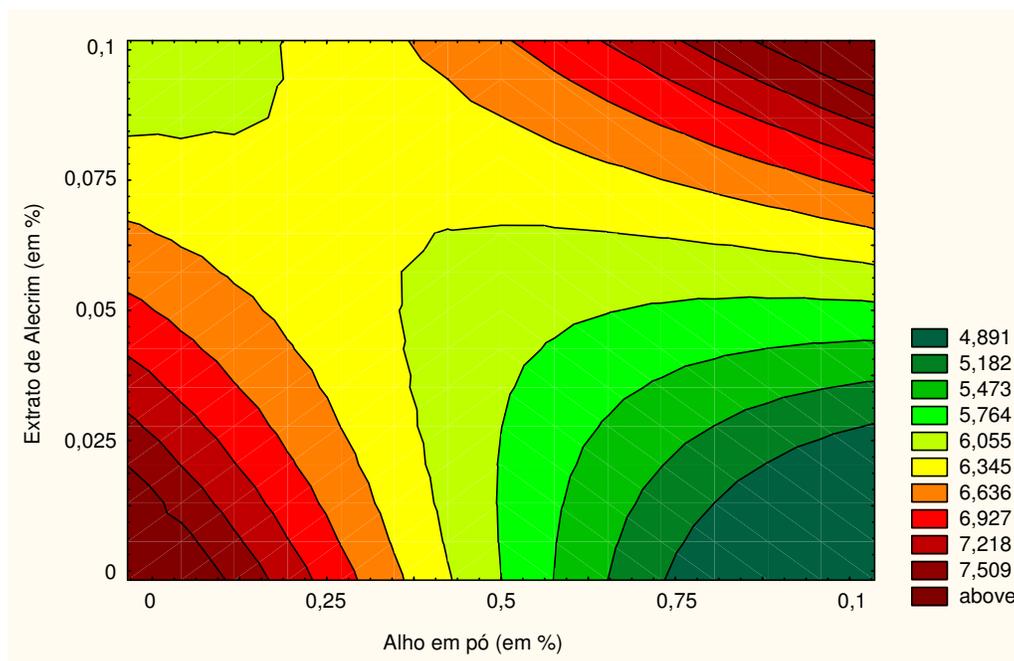


Figura 22 - Superfície de contorno da variação do ângulo de tonalidade de salsichão de frango embalado com filme permeável ao O₂, estocado por 336 horas sob iluminação fria de 3000 lux e adicionado de alho em pó e extrato de alecrim estocado em BOD a 7°C ± 1°C.

5.6.2.3. Efeito do alho em pó e extrato de alecrim sob a variação do variação global da cor do salsichão de frango embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD

A resposta da variação da cor global dos salsichões de frango em embalagem permeável ao O₂ não apresentou um bom ajuste dos dados. Assim, a adição das variáveis, alho em pó e extrato de alecrim não teve efeito significativo a p-valor < 0,05 em relação ao ΔE. O baixo R² (0,67), e os resultados da análise de efeitos e teste F estão descritos na Tabela 35.

Tabela 35 – Análise de Efeitos da Variação Global de cor de Salsichão de Frango adicionado de Extrato de Alecrim e Alho em pó em diversas concentrações (valores codificados).

	Efeito	Erro Padrão	p-valor
Média	8,266*	0,284	0,000001
Alho (L)	0,005	0,348	0,989
Alho (Q)	-0,286	0,414	0,520
Alecrim (L)	0,007	0,348	0,985
Alecrim (Q)	0,767	0,414	0,124
Alho x Alecrim	1,138*	0,492	0,069

* amostras com efeitos significativos a p-valor < 0,1. R² = 0,67 Fcal (2,09) < F_{5;5;5%}(5,05)

Não foi possível se obter um modelo matemático para esta resposta. Conclui-se que não há ação significativa do extrato de alecrim e alho em pó para a variação global de coloração (p > 0,05) nas condições descritas neste experimento.

5.7. Efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó sobre a cor de salsichão de frango fatiado e exposto a condições de estresse pré-embalagem.

As Tabelas 36 e 37 apresentam as variações de cor, nos parâmetros L*, a*, b*, C* das amostras e variação global da cor (ΔE) para uma mesma formulação fatiada sob diferentes condições.

Tabela 36 - Leitura de parâmetros L*, a*, b*, C* e ΔE para salsichão de frango fatiado em embalagem a vácuo submetido ou não a condição de estresse pré-embalagem.

	Sob condições adequadas ⁽¹⁾				Sob condição de estresse ⁽²⁾				ΔE
	L*	a*	b*	C*	L*	a*	b*	C*	
A	74,36 ^a	9,67 ^a	22,11 ^a	24,13 ^a	73,95 ^a	9,15 ^a	22,97 ^a	24,73 ^a	1,09 ^a
B	75,41 ^a	8,14 ^a	21,74 ^a	23,21 ^a	75,03 ^a	7,79 ^a	22,57 ^a	23,88 ^a	0,98 ^a
C	74,79 ^a	8,29 ^a	20,50 ^a	22,11 ^a	73,20 ^b	8,05 ^a	21,04 ^a	22,53 ^a	1,70 ^b
Ctrl	75,94 ^a	8,30 ^a	20,78 ^a	22,38 ^a	75,03 ^a	8,14 ^b	21,83 ^a	23,30 ^a	1,40 ^{ab}

(1) fatiamento sob temperatura controlada (15°C < t < 20°C) e embalagem.

(2) fatiamento sob temperatura controlada, exposição de 1 hora a condições ambiente (23°C e iluminação fluorescente), 10 minutos a 30°C em estufa e embalagem.

*Letras e parâmetros semelhantes na mesma linha não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

* Parâmetro ΔE letras semelhantes na mesma coluna, amostras não são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Nas embalagens a vácuo somente o parâmetro a* do controle apresentou diferença significativa devido ao fatiamento em condições de estresse. A variação global da cor (ΔE) das formulações A e B foram menores que a formulação C, porém o controle não se apresentou significativamente diferente que as formulações A, B e C.

Nas embalagens permeáveis ao O₂, a formulação A teve uma variação significativa quanto ao parâmetro a* e as formulações B e C variaram em relação ao parâmetro b*. O ΔE da formulação A se apresentou estatisticamente maior que o controle a $p < 0,05$, porém isso não ocorre para as formulações B e C.

Tabela 37 - Leitura de parâmetros L*, a*, b*, C* e ΔE para salsichão de frango fatiado embalado com filme permeável ao O₂ submetida ou não a condição de estresse.

	Sob condições adequadas (1)				Sob condição de estresse (2)				
	L*	a*	b*	C*	L*	a*	b*	C*	ΔE
A	75,33 ^a	8,33 ^a	18,98 ^a	20,73 ^a	75,50 ^a	7,38 ^b	20,20 ^a	21,51 ^a	1,56 ^a
B	76,06 ^a	7,21 ^a	19,08 ^a	20,40 ^a	75,92 ^a	7,22 ^a	20,32 ^b	21,56 ^a	1,25 ^{ab}
C	75,09 ^a	8,19 ^a	19,28 ^a	20,95 ^a	75,17 ^a	7,96 ^a	20,70 ^b	22,18 ^a	1,44 ^{ab}
Ctrl	76,58 ^a	8,01 ^a	18,81 ^a	20,44 ^a	76,80 ^a	7,88 ^a	18,90 ^a	20,48 ^a	0,27 ^b

(1) fatiamento sob temperatura controlada (15 °C < t < 20 °C) e embalagem.

(2) fatiamento sob temperatura controlada, exposição de 1 hora a condições ambiente (23 °C e iluminação fluorescente), 10 minutos a 30 °C em estufa e embalagem.

*Letras e parâmetros semelhantes na mesma linha não são significativamente diferentes (p < 0,05)

* Parâmetro ΔE letras semelhantes na mesma coluna, amostras não são significativamente diferentes (p < 0,05)

O salsichão de frango curado não apresentou grandes variações na coloração devido ao estresse térmico antes da embalagem nas condições descritas. Os resultados de coloração de formulações semelhantes acondicionadas em embalagens a vácuo ou com permeabilidade ao O₂ apresentaram valores estatisticamente diferentes, provando a influência da embalagem na cor e apresentação do produto.

Durante a estocagem os produtos, não houve diferenças em relação aos produtos que não sofreram o estresse térmico (Anexo III). Comparando-se as amostras, observou-se que estas possuem valores próximos durante toda a estocagem.

5.8. Considerações gerais sobre os experimentos de acompanhamento da coloração durante o tempo de estocagem.

As mortadelas de frangos coletadas no mercado apresentaram maior intensidade de coloração vermelha (parâmetro a^*) que o salsichão de frango, fato observado pelos resultados de cromaticidade e ângulo de tonalidade. Isso é explicado pela adição de corantes nesses produtos de mercado, que dão uma intensidade de coloração vermelha maior ao produto.

De modo geral, foi possível observar que a iluminação influencia de forma intensa para a descoloração de produtos cárneos, principalmente os fatiados devido ao aumento da superfície de contato com a luz. O salsichão de frango teve a maior perda de coloração durante as primeiras 24 horas de estocagem, com queda menos acentuada até o final da estocagem.

O experimento realizado para o produto fatiado e estocado a 7° C em BOD apresentou o melhor ajuste dos resultados. A variação da cromaticidade e ângulo de tonalidade apresentaram boa correlação, sendo uma boa opção para equacionar a descoloração de um produto. O tempo é uma variável muito importante que deve ser incluída em planejamentos posteriores.

AKAMITTAH *et al.* (1990) estudando a variação de cor em reestruturados de carnes bovina, suína e de sobre coxas de peru estocados congelados, observaram que os valores de " a_H " (*Hunter values*) decresciam ($P < 0,05$), para os três tipos de carne, ao longo de seis semanas de estocagem, enquanto que os valores de "L" não indicavam alterações ($P < 0,05$).

CARBALLO *et al.* (1991) estudaram o efeito da luz sobre embutido curado cozido de carne suína (Bologna), fatiado, embalado a vácuo e exposto em temperaturas de zero a 7°C. Os autores observaram que independente da temperatura utilizada na estocagem sob luz, os valores de "L" não apresentaram alterações ($P < 0,05$) ao longo do tempo de exposição, enquanto os valores de "a" apresentaram decréscimo ($P < 0,05$) de 6,5 para 2,5 nos primeiros 4 dias de exposição e os valores de "b" aumentaram ($P < 0,05$) de 7,8 para 9,25 nos primeiros 3 dias permanecendo, então até o final do estudo (45 dias).

A descoloração primária do processo resulta da destruição dos pigmentos ligados ao óxido nítrico requerendo oxigênio (Figura 3) e, para produtos a vácuo, são fortemente dependentes do nível de vácuo utilizado no processo de embalagem e da permeabilidade do material da embalagem. ANDERSEN *et al.* (1988) avaliando a descoloração de presunto fatiado a vácuo observou uma grande descoloração do produto nas primeiras 8 horas de estocagem sob iluminação para embalagens com 85% de vácuo inicial, enquanto que as amostras com 99% de vácuo inicial a descoloração foi menos severa e se estabilizou após 5 horas.

NEVES (2001) encontrou para os valores L^* , a^* e b^* para o apresuntado de peru fatiado ao longo do tempo de exposição mostram que a descoloração, percebida através de análise objetiva, é resultado de uma redução na intensidade da cor vermelha e aumento na intensidade da cor amarela. Como ocorreu para o experimento em câmara fria e isto é coerente com outros trabalhos correlatos (SANTE e LACOURT, 1994; HOUBEN e GERRIS, 1998) e indicam um padrão de descoloração em carnes e produto carneos onde os valores de a^* e b^* podem ser considerados parâmetros para quantificar o fenômeno enquanto os valores de L^* não são representativos.

O modelo matemático para a variação da saturação apresentou melhor correlação que o obtido para variação da intensidade de coloração vermelha, nos dois estudos de cor. Mesmo no experimento com a câmara fria apesar do baixo ajuste dos dados também se chegou a conclusão que avaliar a descoloração através da variação da saturação gera resultados mais confiáveis.

Para MARTINEZ *et al.* (2007) a adição de antioxidantes não foi efetiva para proteção de lingüiças da descoloração. Entretanto, as amostras que foram adicionadas de misturas de ácido ascórbico e extratos de alecrim obtiveram valores menores de descoloração, enquanto o tempo de exposição permaneceu o mesmo. A adição de alecrim mais ácido ascórbico, sem a presença de pimenta preta, retardou a descoloração de lingüiças frescas de carne suína, somente quando iluminado com lâmpada com filtro UV, alcançando uma vida no display de 16 dias, igual ao de lingüiças mantidas no escuro.

Comparando os dois experimentos de acompanhamento da descoloração do produto em BOD e em câmara fria, é possível observar que muitos fatores influenciam na velocidade de variação da coloração de produtos carneos. Fatores inerentes ao produto como composição nutricional, de ingredientes (sais, fosfato, nitrito, corantes), forma de processo e fatores externos, como manipulação, temperatura de estocagem, fonte de iluminação, etc.

No experimento em câmara fria, procurou-se simular situações de mercado, onde há um menor controle do erro experimental. A estocagem em BOD apresentou as melhores correlações exatamente pelo controle das variáveis experimentais. Assim, o controle e uniformização do estudo de descoloração são feitos através da uniformização da temperatura e iluminação desses displays, tal como, as boas práticas no fatiamento desses produtos.

A leitura dos dados do experimento em Câmara fria foi feito diretamente na fatia em um espectrofotômetro *Hunterlab*. Operacionalmente, o estudo com o espectrofotômetro portátil apresentou melhores condições, pela possibilidade de medida no local de estocagem, além de melhores possibilidades de comparações com outras pesquisas.

Nos experimentos em BOD, a perda de intensidade da cor vermelha, saturação, e o aumento do ângulo de tonalidade foram intensas no 1º dia de estocagem, continuando com menor intensidade até o final da estocagem, de 336 horas para embalagens a vácuo e de 168 horas para embalagens permeáveis ao O₂. O que difere este trabalho é a avaliação dessa variação com a utilização do delineamento experimental para quantificar a descoloração e prever a ação de um ingrediente ou a combinação dos mesmos em diferentes concentrações.

6. Conclusões

A estabilidade microbiológica do salsichão de frango fatiado e embalado com vácuo no contexto dos objetivos desse trabalho foi mantida por até 14 dias e do produto embalado em PVC e com permeabilidade ao O₂ foi de até 5 dias, nas condições de estocagem de 7° C, sob iluminação constante de 1000-1500 lux constante em câmara fria.

De maneira geral, o produto teve boa aceitação sensorial nos altos teores de alho em pó (até 1,0%) e de extrato de alecrim (até 1000 mg/kg) aplicado nas formulações estudadas. Foi também estável à oxidação lipídica em armazenamento refrigerado tanto para produtos fatiados e peças inteiras.

O tipo da fonte e a potência da luz, além do tempo de incidência foram variáveis importantes na perda da cor de produtos cárneos, observada pela grande queda de coloração vermelha já nas primeiras 24 horas de estocagem para o experimento em BOD e nas 48 a 72 horas para o experimento em câmara fria.

A variação da coloração do produto adicionado de diferentes concentrações de ingredientes com o tempo de estocagem em condições de estocagem a 7°C±1°C, sob iluminação de 3000 lux em geladeira BOD apresentou boa correlação e ajuste dos dados, podendo-se avaliar quais os efeitos dos ingredientes durante o processo de descoloração e sua melhor interação sob determinada condição de estocagem. As formulações do ponto central (0,5 % de alho em pó e 500 mg/Kg de extrato de alecrim (Guardiantm)) apresentaram os melhores resultados em relação à prevenção da perda de coloração caracterizando um efeito protetor observado pela menor variação do ângulo de tonalidade e cromaticidade em relação às outras formulações do planejamento experimental.

7. Referências bibliográficas

AGUIRREZABAL, M.M.; MATEO, J.; DOMINGUEZ, M.C. & ZUMALACARREGUI, J.M. The effect of paprika, garlic, and salt on rancidity in dry sausages. **Meat Science**, v.54, p. 77-81, 2000.

ANDERSEN, H.J.; BERTELSEN, G.; BOEGH-SOERENSEN, L.; SHEK, C.K.; SKIBSTED, L.H. Effect of light and packaging conditions on the colour stability of sliced ham. **Meat Science**, Barking, v. 22, n. 2, p 283-292, 1988.

ANDERSEN, H.J., BERTELSEN, G. & SKIBSTED, L.H. J. Colour stability of minced beef. Ultraviolet barrier in packaging material reduces light-induced discoloration of frozen products during display. **Meat Science**, v. 25, n. 2, p. 155 – 159, 1989.

ANGELO, A.J. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n 36, p 175, 1996.

AKAMITTAH, J.G.; BREKKE, C.J.; SCHANUS, E.G. Lipid oxidation and color stability in restructured meat systems during frozen storage. **Journal of Food Science**, v 55, n. 6, p. 1513-1517, 1990.

AOAC. **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists. 14ed. HORWITS, W (Ed.). Washington, DC, 1984.

ARORA, D.S. ; KAUR, J. Antimicrobial activity of spices. **International Journal Antimicrobial Agents**, n 12, vol 3, p 257-262, 1999.

BARBUT, S. JOSEPHSON, D.B. & MAURER, A.J. Antioxidant properties of rosemary oleoresin in turkey sausage. **Journal Of Food Science**, v. 50, p.1356-1359, 1985.

BARBUT, S. Effect of illumination source on the appearance of fresh meat cuts. **Meat Science**, v. 59, p. 187-191, 2001.

BARBUT, S. Poultry Products Processing: an industry guide. Boca Raton, CRC, 2002. 548p.

BARRETO, A. C. da S. Efeito da Substituição de gordura em Mortadela. 2007. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.

BARRETO, G.P.M.; MARIUTTI, L.R.B; BRAGAGNOLO, N; MERCADANTE, A.Z. Ervas e temperos como agentes antioxidantes. **Simpósio Brasileiro sobre Desenvolvimentos de Novos Produtos Alimentícios**. Dias 08 e 09 de maio de 2006, ITAL, Campinas – SP.

BEKHIT, A. E.; GEESINK, G. H.; ILIAN, M. A.; MORTON, J. D. e BICKERSTAFFE, R. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 175-187. 2003.

BELTRAN, E.; PLA, R.; YUSTE, J; MOR-MUR, M. Use of antioxidants to minimize rancidity in pressurized and cooked chicken slurries. **Meat Science**, v 66, p. 719-725, 2004.

BENDALL, J. R. e TAYLOR, A. A. Consumption of oxygen by the muscles of beef animals and related species. II Consumption of Oxygen in post-rigor muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 23, p. 707-719. 1972.

BROWN, W. D. e MEBINE, L. B. Autoxidation of oxymyoglobins. **Journal of Biological Chemistry**, v. 244, p. 6696-6701, 1969.

BILLING, J.; SHERMAN, P.W. Antimicrobial functions of spices: Why some like is hot. **The Quaterly Review of Biology**, **73**, 3-49.

BLIGH, E.G.; DRYER, W.J. Arapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemical Physiology**, 37, p. 911-914, 1959.

BOLDER, N.M. The microbiology of the slaughter and processing of poultry. IN: DAVIES, A; BOARD, R. **The Microbiology of Meat and Poultry**. Blackie Academic & Professional, cap. 5, p 158-171, 1999.

BRAGAGNOLO, N; DANIELSEN, B; SKIBSTED, L.H. Effect of rosemary on lipid oxidation in pressure-processed, minced chicken breast during refrigerated storage and subsequent heat treatment. **European Food Research Technology**, n. 221, p. 610-615, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Instrução Normativa n° 04, de 05 de abril de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/sislegis> >. Acesso em 13 nov. 2006

BRASIL. Portaria nº1004, de 11/12/98. Atribuição de funções de aditivos para categoria carnes. Diário Oficial da União, Brasília, 22 de março de 1998.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, Boston, v 56, n 11, p 317-333, 1998.

CASSENS, R.G.; GREASER, M.L.; ITO, T; LEE, M. Reactions of nitrite in meat. **Food Technology**, Chicago, v.33, n.1, p.46 -57, 1979.

CARBALLO, J.; CAVESTANY, M.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Effect of light on colour and reaction of nitrite in sliced pork bologna under different chilled storage temperatures. **Meat Science**, Barking, v.30, n.3, p. 235 – 244, 1991.

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

CAVENAGHI, A.D. Elaboração de embutidos fermentados cozidos de coxa de frango. 2005. 181p. Tese (Doutor em tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.

CARBALLO, J.; CAVESTANY, M; JIMENEZ-COLMENERO, F.; Effect of light on colour and reaction of nitrite in sliced pork bologna under different chilled storage temperatures. **Meat Science**, v. 30, p. 235 – 244, 1991.

CARLSEN, CHARLOTTE U.; MOLLER, JENS K.S.; SKIBSTED, LEIF H. Heme Iron in Lipid Oxidation. **Coordination Chemistry Reviews**, n. 249, p. 485-498. 2005.

CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA, R. & PIKUL, J. Effects of packaging in modified atmosphere rich in CO₂, storage temperatures and time on the quality and shelf-life of sliced poultry sausage. **Fleischwirtschaft International**, v. 4, novembro de 2002.

CHANG,S.S. ; OSTRIC-MATIJASEVIC, B.; HSIEH, O.A.L. e HUANG,C.L.. Natural antioxidants from rosemary and sage. **Journal of Food Science**, v.42, p.1102-1106, 1977.

COLMENERO, F.J.; CARBALLO, A.J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fiber as salt replacers. **Meat Science**, v 69, p 781-788, 2005.

COPPEN, P.P. Use of antioxidants in: Rancidity in foods; ALLEN, J.C. e HAMILTON, R.J. Eds., Applied Science Publishing Company, London, p 67-87, 1983.

CORNFORTH, D. Color: Its basis and importance. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Org.) Quality attributes and their measurements in: Meat, Poultry and Fish Products. Glasgow, UK: Chapman & Hall, 1994, cap. 2, p. 34-68, 1994.

CUVELLIER, M.E.; RICHARD, H. & BERSET, C. Antioxidant activity of phenolic composition of pilot –plant and commercial extracts of sage and rosemary. **Journal Of American Oil Chemistry Society**, v.73, p. 645-652, 1996.

DRAUDT , H.N.; DEADTHERAGE, F.E. Studies on the chemistry of cured meat pigment fading. **Food Research**, v. 21, p. 122-132, 1956.

DZIEZIC, S.Z. e HUDSON, B.J.F. Polyhydroxy chalcones and flavonones as antioxidants for edible oils. **Food Chemistry**, n 11, p. 161-166, 1983.

DUKE, J.A.; BOGENSCHUTZ-GODWIN, M.J.; DUCCELLIER, J. e DUKE, P.K. CRC handbook of medicinal spices. London: CRC press, 2003.

EKLUD, T. e JARMUND, T. Microculture model studies on the effect of various gas atmospheres on microbial growth at different temperatures. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 55, p. 119-125. 1983.

ESSIEN, E. Sausage manufacture: principles and practice. Woodhead Publishing Limited, CRC Press, 2003.

FARBER, J.M. Microbial Aspects of Modified Atmosphere packaging technology – a review. **Journal of Food Protection**, 57, 58-70, 1991.

FERNANDEZ-LOPEZ; ALESON-CARBONEL, L.; PEREZ-ALVAREZ, JA.A.; KURI, V. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts application in beef meatballs. **Meat Science**, v.69, p. 371-380, 2005.

FLETCHER, D. L. 1999. Poultry Meat Color. In: *Poultry Meat Science Symposium*. Richardson, R. I. and G. C. Mead (eds). CABI Publ., Oxfordshire, UK

FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da Segurança Alimentar**. pág. 340-341. 1ªEd. ARTMED. Brasil, 2002.

FOX, J.B. The chemistry of meat pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 14, n. 2, p. 207-210, Washington, 1966.

GALVÃO, M.T.E.L. Utilização de carne de frango e carne mecanicamente separada em produtos cárneos: Industrialização da carne de frango. **Centro de Tecnologia de Alimentos/ ITAL**, Campinas, 1992.

GIDDINGS, G. G. Reduction of ferrimyoglobin in meat. **Critical Review in Food Reviews in Food Technology**, v. 5, p. 143-173, 1974.

GATELLIER, P.; HAMELIN, C.; DURAND, Y.; RENERRE, M. Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Science*, v. 59, n. 2, p.133-140. 2001.

GEORGANTELIS, D; AMBROSIADIS, I.; KATIKOU,P. ; BLEKAS, G.; GEORGAKIS, S.A. Effect of rosemary extract, chitosan and a-tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4°C. **Meat Science**, n. 76, p.172-181, 2004.

GIRAFFA, G. *Enterococci from foods*. FEM Microbiology Reviews, v 744, p 1-9, 2002.

GORDON, A.; BARBUT, S. Mechanism of meat batter stabilization: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.32, n.4, p. 299-332, 1992.

GORDON, M.H. Factors affecting lipid oxidation. Cap.7. In: STEELE, R. *Understanding and measuring the shelf life of foods*. Versão eletrônica, Disponível em <http://www.foodnetbase.com> . Acessado em janeiro de 2005.

GRAY, J.I. Measurement of lipid oxidation: a review. **Journal of American Oil Chemistry**, n. 55, p. 539, 1978.

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

GRAY, J.L.; PEARSON, A.M. Lipid-derived off-flavours in meat formation and inhibition. In: SAHIDI, F. (ed.) **Flavour of meat and meat products**, P. 116-143. London: Blackie Academic, 1994.

GRAY, J.I. e PEARSON, A.M. Rancidity and warmed-over flavor. In: A.M. PEARSON, A.M. e DUTSON, T.R. (Eds), **Advances in Meat Research**, p. 221-269. New York, 1987.

GREENE, B.E.; HSIN, I.; ZIPSER, M.W. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. **Journal of Food Science**, v 36, n 6, p 940-942, 1971.

GUILLEN-SANS, R. e GUZMAN-CHOZAS, M. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in foods: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n. 38, p. 315-330, 1998.

HAMILTON, R.J.; ROSSEL, J.B. **Analysis of Oils and Fats**; Elsevier: Londres, 1986.

HOU, D.X. Potential mechanism of cancer chemoprevention by anthocyanin. **Current Advancements in Molecular Medicines**, n. 3, p. 149-159, 2003.

HOUGHAM, D.; WATTS, B.M.; **Food Technology**, p 681, 1958.

HAAK, L. ; RAES, K.; SMET, K.; CLAEYS, E.; PAELINCK, H.; SMET, S. DE. Effect of dietary antioxidant and fatty acid supply on the oxidative stability of fresh and cooked pork. **Meat Science**, vol 74, n 3, p 476-486, novembro de 2006.

HARRIS, J.C.; COTREL, S.L. e PLUMMER, S. Antimicrobial properties of *Allium sativum* (garlic). *Applied Microbiological Biotechnology*, v. 57, p. 282- 286, 2001.

HACISEFEROGULARI, H.; OZCAN, M.; DEMIR, F; ÇAHSIR, S. Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum L.*). **Journal of Food Engineering**, n. 68, p. 463-469, 2005.

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. Principles of meat science. 3 Ed. Kendall/Hunt Publishing Company. 1994. 352 p.

HERTOG, M.G.L. et al. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphéh study. **Lancet**, Chicago, v. 342, n. 8878, p. 1007-1011, 1993.

HORWITZ, W. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 13a ed., Washington D. C., A. O. A. C., 1980.

HOULIHAN, C.M.; HO, C.T.; & CHANG, S.S. Elucidation of chemical structure of a novel antioxidant, rosmaridiphenol, isolated from rosemary. **Journal of The American Oil Chemists' Society**, v. 61, p. 1036-1039, 1984.

HOUBEN, J.H.; GERRIS, C.V.M. Effect of dietary supplementation with vitamin E on colour stability of packaged, sliced pasteurized ham. **Meat Science**, v. 50, n. 4, p. 421- 428, Barking, 1998.

ICMSF- International Commission on Microbiological Specifications for Foods of the International Union of Biological Societies – **Microorganisms in Foods: Microbial Ecology of Food Commodities**, 1998. 711p.

IQBAL, S.; BHANGER, M.I. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. **Food Chemistry**, vol 100, n. 1, p. 246-254, 2005.

KANNER, J; HAZAN,B; DOLL, L. Catalytic “free” iron ions in muscle foods. **Journal and Agriculture and Food Chemistry**, v. 36, n. 3, p. 412-415, 1988.

KRANEN, R. W., VAN KUPPEVELT, T. H. GOEDHART, H.A., VEERKAMP, C. H., LAMBOOY, E., VEERKAMP, J. H. Hemoglobin and myoglobin content in muscles of broiler chickens. **Poultry Science**, n.78, p.467, 1999.

KEETON, J.T. Formed and Emulsion Products. In: SAMS, A.R. Poultry meat processing, CRC press. 2001.

KHANUM, F.; ANILAKUMAR, K.R.; VISWANATHAN, K.R. Anticarcinogenic properties of garlic: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, V.44, p.479-488,2004.

KIM, S.M.; KUBOTA, K.; KOBAYASHI, A. Antioxidative activity of sulphur-containing flavour compounds in garlic. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, n. 61, p. 1482-1485, 1997.

LAI, S-M.; GRAY, J.I.; SMITH, D.M.; BOOREN, R.L. CRACKEL, R.L. e BUCKLEY, D.J. Effects of Oleoresin in rosemary, tertiary butylhydroquinone, and sodium tripolyphosphate on the development of oxidative rancidity in restructured chicken nuggets. **Journal Of Food Science**, v 56, n 3, 1991.

LAMBERT, A D.; SMITH, J. P.; DODDS, K. L. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat: A review. **Food Microbiology**, v. 8, p. 267, 1991.

LAMPE, J.W. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanism of action in human experimental studies. **American journal of clinical nutrition**, n.70, p. 475S-490, 1994.

LANZOTTI, V. The analysis of onion and garlic. **Journal of Chromatography**, vol 1112, n 1-2, p 3-22, Abril de 2006.

LAWRIE, R.A.. Chemical and biochemical constitution of muscle. In: LAWRIE, R.A. **Meat Science**, p. 43-73. Oxford: Pergamon Press.

LAWRENCE, T.E.; DIKEMAN, M.E.; HUNT, M.C.; KASTNER, C.L.; JOHNSON, D.E. Effects of enhancing beef *Longissimus* with phosphate plus salt

or calcium lactate plus non-phosphate water binder plus rosemary extract. **Meat Science**, v.67, p. 129-137, 2004.

LEDWARD, D. A. Haemoproteins in meat and meat products. In: HUDSON, B. J. F (Org.) *Developments in Food Proteins*. London: Elsevier Applied Science, p. 33-68. 1983.

LEE, S.; FAUSTMAN, C.; DJORDJEIC, D.; FARAJI, H.; DECKER, E.A. Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. **Meat Science**, v. 72, n.1, p. 18-24, janeiro de 2006

LEELARUNGRAYUB,N.; RATTANAPANONE, V; CHANARAT, N.; GEBICKI, J.M. Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations. **Nutrition**, v. 22, p. 266-274, 2006.

LI, N.; OSHIMA, T.; SHOZEN, K; USHIO, H.; & KOIZUMI, C. Effects of the degree of unsaturation of coexistent triglycerols on cholesterol oxidation. **Journal American Oil Chemistry and Society**, n. 71, p. 623-627, 1994.

LIN, H.; SEBRANECK, J.G. Effect of sodium nitrite concentration and packaging on color stability and rancidity development of sliced bologna. **Journal of Food Science**, v. 44, n5, p. 1451-1454,1979.

LIU, Q.; SCHELLER, K. K.; ARP, S.; SCHAEFER, D. M.; WILLIAMS, S. N. Titration of fresh meat color stability and malondialdehyde development with Holstein steers fed vitamin E supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 74, p.117-126.

LYNCH, A.; BUCKLEY, D.J.; GALVIN, K.; MULLEN, A.M.; TROY, D.J.; KERRY, J.P. Evaluation of rib steak colour from Friesian Hereford and Charolais heifers pastured or overwintered prior to slaughter. **Meat Science**, v. 61, n. 3, p. 227-232. 2002.

LYNCH, M. P., KERRY, J. P., BUCKLEY, D. J.;FAUSTMAN, C.; MORISSEY, P. A. Effect of dietary vitamin E supplementation on the colour and lipid stability of fresh, frozen and vacuum-packaged beef. **Meat Science**, v. 52, p. 95-99.1999

LOVE, J.D. The Role of Heme Iron in The Oxidation of Lipids in Read Meats. **Food Technology**, **37(7)**: 117-121. 1983.

McDOUGALL, D. B. Colour of Meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Org.) Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish products. Glasgow, UK: Chapman & Hall, 1994, cap. 3, p. 79-92.

MACDOUGALL, D.B. Colour measurement of food: principal and practice In: MACDOUGALL, D.B. Colour in food improving quality. Woodhead Publishing Ltda, Cambridge, England. 2002.

MACRAE, R.; ROBINSON, R.K.; SOLLER, M.J. ed. Encyclopedia of Food Science, **Food Technology and Nutrition**. San Diego: Academic Press, Inc., 1993, v.6, p. 3695-3699.

MADHAVI, D. L. e CARPENTER, C. E. Aging and processing affect color, metmyoglobin reductase and oxygen consumption of beef muscles. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 5, p. 939-942. 1993.

MADRUGA, M.; FIGUEIREDO, M.J.; NUNES, M.L.; LIMA, F.M.S. Teores de colesterol de linguiças de frango “light” e tradicionais submetidas a diferentes condições de estocagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 527-531, out a dez de 2004. Campinas – SP.

MADSEN, H.L. & BERTELSEN, G. Species as antioxidants. **Trends In Food Science and Technology**, v.6, p.271-277, 1995.

MANCINI, R. A. e HUNT M. C. Current Research in Meat Color: A Review. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 100-121, setembro, 2005.

MARIUTTI, L.R.B.; BARRETO, G.P.M.; MERCADANTE, A.Z.; BRAGAGNOLO, N. Condimentos da família Labitae do gênero *Allium* e suas atividade antioxidantes. **Simpósio Brasileiro sobre Desenvolvimentos de Novos Produtos Alimentícios**. Dias 08 e 09 de maio de 2006, ITAL, Campinas – SP.

MARTINEZ, L.; CILLA, I.; BELTRAN, A.; RONCALES, P. Effect of illumination on the display life of fresh pork sausages packaged in modified

atmosphere. Influence of the addition of rosemary, ascorbic acid and black pepper. **Meat Science**, n. 75, v. 3, p. 443-450, março 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. CRC Press, Boca Raton, 1988. p.281.

MIELNIK, M.B.; AABY, K.; SKREDE, G. Comercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat. **Meat Science**, v. 65, p.1147-1155, 2003.

MIKOVA, K. The regulation of antioxidants in food, cap 12. In: WATSON, D.H. Food Chemical Safety. Vol: II. CRC Press. 2002.

MIKOVA, K. *Rosemary*. Cap.16. In: PETER, K.V. (Ed.) **Handbook Of Herbs & Spices**, v. II. CRC PRESS, 2004.

MILNER, J. A. Chapter 12: Garlic: The Mystical Food in Health Promotion. IN: Ed. by WILDMAN, R.E.C. **Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods**. CRC press, 2001.

MILLER, H.E. et al. Antioxidant content of Whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. **Journal of The American College of Nutrition**, v. 19, n. 3, p. 312S-319S, Toronto, 2000.

MINOLTA. Precise Color Communication – Color control from feeling to instrumentation. Minolta Camera Co., Ltda., Osaka- Japan, 1994, 49 p.

MORRISSEY, P.A.; SHEEHY, P.I.A.; GALVIN, K.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D.J. Lipid stability in met and meat products. **Meat Science**, v.49, No. Suppl. 1, S73-S86, 1998.

MORRISSEY, P.A.; KERRY, J.P. Lipid oxidation and the shelf-life of muscle foods. Cap.16. In: STEELE, R. **Understanding and measuring the shelf life of foods**. Versão eletrônica, acessado em <http://www.foodnetbase.com> . 2005.

NASSU, R.T.; GONCALVES, L.A.G.; SILVA, M.A.A.P.; BESERRA, F.J. Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidants. **Meat Science**, v.63, p.43-49, 2003.

NASSU, R.T. Utilização de carne de caprinos no processamento de embutido fermentado, tipo salame. 1999. 137p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

NAVEENA, B.M.; MUTHUKUMAR,M.; SEN, A.R.; BABJI, Y.; MURTHY, T.R.K. Improvement of shelf life of buffalo meat using lactic acid, clove oil and vitamin C during retail display. **Meat Science**, v. 74, n. 2, p. 409-415, outubro de 2006.

NEPA. Tabela brasileira de composição de alimentos. Vol 1, FEA, NEPA-UNICAMP, 2004

NEVES, M.A. Efeito da suplementação de vitamina E em ração sobre a estabilidade da cor em apresuntados de sobrecoxas de peru. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

NISSEN, LR; MANSON,L; BERTELSEN,G; HUYNH-BA,T; SKIBSTED,LH. Protection of dehydrated chicken meat by natural antioxidants as evaluated by electron spin resonance spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v 48, p 5548-5556, 2000.

NORMAS ANALITICAS DO INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. Cd. 2, v.1., p. 47-50, 1976.

NUUTILA, A.M.; PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; AARNI, M.; OKSMAN-CALDENTY, K.M. Comparison of antioxidants activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. **Food Chemistry**, n.81, p. 485-493. 2003.

O' KEEFFE, M. e HOOD, D.E. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. **Meat Science**, v. 7, n. 3, p. 209-228, 1982.

ORDOÑEZ, J. A. e LEDWARD, D. A. Lipid and myoglobin oxidation in pork stored in oxygen and carbon dioxide enriched atmospheres. **Meat Science**, v. 1, n. 1, p. 41-48, 1977.

OSAWA, C.C.; FELICIO, P.E. de; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, vol 28, n 4, julho/agosto, São Paulo, 2005.

PANDEY, U.B. Garlic. Cap.16. In: PETER, K.V. (Ed.) **Handbook Of Herbs & Spices**, CRC PRESS, 2001.

PEARSON, A.M., GILLET, T.A. **Processed Meats**. 3ed. Gaithersburg, Maryland: An Aspen publication, 1999.

PEDRAZA-CHAVERRI, J.; MEDINA-CAMPOS, O.M.; VILA-LOMBARDO, R.A.; ZUNIGA-BUSTOS, A.B.; OROZCO-IBARRA, M. Reactive oxygen species scavenging capacity of different cooked garlic preparations. **Life Sciences**, v. 78, n. 7, p. 761-770, janeiro 2006.

POLLONIO, M.A.R. **Estudo das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares e oxidação lipídica de carne de frango mecanicamente desossada**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 1994.

POKORNY, J. Natural antioxidants for food use. **Trends In Food Science & Technology**. Elsevier, setembro. 1991.

PRICE, J. F. e SHWEIGERT, B. S. The science of meat and meat products. San Francisco: Food & Nutrition Press, 660 p., 2 ed., 1971.

PRIOR, R.L. Absorption and metabolism of anthocyanins: potential health effects. In: MESKIN, M.; BIDLACK, W.R.; DAVIES, A.J.; LEWIS, D.S. e RANDOLPH, R.K. (Eds) **Phytochemicals: Mechanisms of Action**, p. 1-19, Boca Raton, Florida. CRC Press. 2004.

RACANICCI AMC, DANIELSEN B, MENTEN JFM, REGINATO-D'ARCE MAB, SKIBSTED LH Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked meat balls during chill-storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*). **European Food Research Technology**, n. 218, p.521-524, 2004.

RAHARJO, S.; SOFOS, J.N.. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: a review. **Meat Science**, n. 35, p145 - 169, 1993.

RAGHAVAN, B.; ABRAHAM, K.O.; SHANKARANARAYANA, M.L. Chemistry of garlic and garlic products. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 42, p. 401-409, julho, 1983.

RENERRE, M. Review: Factors Involved in The discoloration of beef meat. **International Journal of Food Science and Technology**, p. 613-630,1990.

RICHMEYER, S.L.; BERNART, M. W.; KING, G. A.; KENT, M.C.; BAILEY, D.T. Antioxidant activity of lipid-soluble phenolic diterpenes from rosemary. **Journal of American Oil Chemistry**, v. 73, n. 4, 1996.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. 1º Ed. Casa do Pão Editora, 2005. Campinas-SP.

ROMANO, M.A. Estabilidade da cor de apresuntado de peru: efeitos do sistema de embalagem, do eritorbato de sódio e da glucose-oxidase. Campinas, 2001. 105 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SALIHI, A.M.; PRICE, J.F.; SMITH, D.M.; DAWNSON, L.E. Lipid oxidation in turkey meats as influenced by salt, metal cations and antioxidants. **Journal of Food Quality**, v 12, p 71-83, 1989.

SAHIDI, F. AND NACZK, M. Cap. 3 : *Phenolic compounds of major oilseeds and plant oils*. In: SHAHIDI, F. AND NACZK, M.(au.). *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC Press, 2004

SAHIDI, F. Flavor of cooked meats. In Flavor chemistry: Trends and developments. Eds. R. Teranishi, R. G. Buttery, and F. Shahidi, p.188–201. Washington, DC: American Chemical Society. 1989.

SAHIDI, F. 1998. Assesment of lipid oxidation and off-flavor development in meat, meat products and seafoods, in *flavor of meat, Meat Products and Seafoods*. 2nd Ed., Sahidim F., Ed., Blackie Academic & Professional, London, 373-394.

SALLAM, Kh.I. ; ISHIOROSHI, M.; SAMEJIMA, K. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. **Lebensmittel-wissenschaft und Technologie Food Science and Technology**, v.39, p. 849-855, 2004.

SAMS, A.R. Chapter 1: **Introduction to Poultry Meat Processing**. IN: SAMS, A.R. **Poultry Meat Processing**, Boca Raton, CRC Press, 2001.

SANTE, V.S.; LACOURT, A. The effect of dietary α -tocopherol supplementation and antioxidant spraying on colour stability and lipid oxidation of turkey meat. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 65, n. 4, p. 503-507, London, 1994.

SANTOS, J.I.; TALAMINI, D.J.D.; CHIUCHETTA, O. Panorama avícola. *Avicultura Industrial (anuário)*, São Paulo, p. 38-42, 2000.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L; OLIVEIRA, L. M. de; e CANAVESI, E. Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis. Campinas: CETEA/ITAL, 2001, 215 p.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Embalagem a vácuo e com atmosfera modificada para carnes frescas. In: *Embalagens para produtos cárneos*. Campinas: CETEA/ITAL, p. 1-21, 1991.

SASIKUMAR, B. Rosemary, cap 16. In: PETER, K.V. (Ed.) **Handbook of Herbs & Spices**. Inglaterra, CRC PRESS, 2001.

SAVIC, I.V. Small-scale Sausage Production. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/003/x6556e/X6556E00.htm>>. Acessado em Abril de 2007, FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS (FAO), ROMA, 1985.

SCHMELZER-NAGEL, W.; AMBIEL, C. A cor e a cura de carnes e derivados. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Tecnologia de Produtos Alimentares do SENAI, 1998. 32p.

SEBRANEK, J.G.; SEWAT, V.J.H.; ROBBINS, K.L.; HOUSER, T.A. comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, v.69, p. 289-296, 2005.

SENAI. Guia para elaboração do plano APPCC; Carnes e Derivados. 2 ed., Brasília: SENAI/DN, 2000. (Série Qualidade e Segurança Alimentar). Projeto APPCC industria. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE.

SEYERFERT, M.; HUNT, M.C.; GROBBEL, J.P.; RYAN, S.M.; JOHNSON, D.E., MONDEREN, R.A. Potassium lactate and fresh-pork-sausage formulation effects on shelf life in light and unlighted display. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 7, p. 390-394, 2006.

SIU, G.M.; DRAPER, H.H. **Journal of Food Science**, n. 43, p. 1147, 1978.

SKIBSTED, L.H.; MIKKELSEN, A.; BERTELSEN, G. In: SAHIDI (ED), Flavor of Meat, Meat Products and Sea Foods. Blackie Academic and Professional, New York, p. 217-256, 1998.

SMITH, D.M. Chapter 11: **Functional Properties of Muscle Proteins in Processed Poultry Products**. IN: SAMS, A.R. **Poultry Meat Processing**, Boca Raton, CRC Press, 2001.

STEWART, M.R.; ZIPSER, M.W.; WATTS, B.M. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. **Journal of Food Science**, 30, p. 464-469, 1965.

TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T.; DUGGAN, L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, n 37, p 44-48. 1960.

TOMAINO, A.; CIMINO, F.; ZIMBALATTI, V.; VENUTI, V.; SULFARO, V.; De PASQUALE, A.; SAIJA, A. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. **Food Chemistry**, V. 89, p. 549-554, 2005.

TOWNSEND, W.E. e BARD, J. Capítulo 10 IN: PRICE, J.F. e SCHWEIGERT, B.S. The Science of Meat and Meat Products. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1971. 660p.

TSAO, S.M. e YIN, M.C. In-vitro activity of garlic oil and four diallyl sulfides against antibiotic-resistant *Pseudomonas aeruginosa* e *Klebsiella pneumoniae*. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, n 47, p 665-670. 2001a.

TSAO, S.M. e YIN, M.C. In-vitro antimicrobial activity of four diallyl sulphides occurring naturally in garlic and chinese leek oils. **Journal of Medical Microbiology**, n 50, p 646-649. 2001b.

USDA. Ministério da Agricultura dos Estados Unidos da América (*United States Department of Agriculture*). **Página Eletrônica governamental**. <http://www.usda.gov> Acessado em dezembro de 2005.

USDA. Release 19: USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Acessado em < <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/> >. Acessado em Janeiro de 2007.

UHL, S.R. **Spices, Seasonings and flavorings**. CRC press, 2000.

VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D.F., ed. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington, American public Health Association, 1992.

VENTURINI, A. C. Embalagem de transporte (*masterpack*) com atmosfera modificada e absorvedores de oxigênio para aumento da vida útil da carne bovina. 2003. 130 p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ZIPSER, M.W. AND WATTS, B.M. A modified Z-thiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meats. **Food Technology**, v. 7, p. 102. 1962.

WHITELEV, A.M. e D'SOUSA, J.D. A yellow discoloration of cooked meat products: Isolation and Characterization of the causative organism. **Journal of Food Protection**, n 52, p 392, CRC Press, 1989.

YANISHLIEVA-MASLAROVA N.V. e HEINONNEM, I.M. Rosemary and sage as antioxidants. In: PETER, K.V (ed.). *Handbook of herbs & spices*, vol. 1, Woodhead Publishing Ltda, Abington, p. 269-275, 2001.

YIN, M.C. e TSAO, S.M. Inhibitory effect of seven allium plants upon three *Aspergillus* species. **International Journal Food Microbiology**, n. 49, v. 1-2, p 49-56, 1999.

YIN, M.; CHENG, W. Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. **Meat Science**, v.63, n. 1, p. 23-28, 2003.

YU, L. ; SCANLIN, L. e SCHIMIDT, G. Rosemary extracts as inhibitors of lipid oxidation and color change in cooked turkey products during refrigerated storage. **Journal of Food Science**, v 67, n 2, 2002.

8. ANEXO I – MEDIDAS DE COLORAÇÃO PARA EXPERIMENTO EM CÂMARA FRIA

8.1. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado à vácuo, estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, a* e b*

Tabela 38 - Medidas de luminosidade do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações (L*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			0 h		72 h		168 h		336 h	
			média	DP	Média	DP	média	DP	média	DP
1	0,855	0,085	72,23	0,14	72,42	0,66	73,16	0,57	73,42	0,56
2	0,145	0,085	74,28	0,65	74,44	0,65	74,61	0,99	76,66	0,44
3	0,855	0,015	74,67	0,38	75,95	0,34	75,28	0,33	74,63	0,85
4	0,145	0,015	72,93	0,56	73,82	0,52	74,21	1,06	74,73	0,30
5	0	0,05	75,22	0,30	75,22	0,37	76,72	0,68	76,69	0,65
6	1	0,05	71,94	0,23	73,05	0,63	72,52	0,59	72,57	0,69
7	0,5	0	76,65	0,47	77,21	0,30	77,73	0,72	78,57	0,55
8	0,5	0,1	73,23	0,31	73,60	0,60	74,68	0,38	75,85	0,39
9	0,5	0,05	74,48	0,36	74,06	0,46	74,25	1,02	75,24	0,45
10	0,5	0,05	75,05	0,39	76,48	0,07	76,92	0,85	77,62	0,57
11	0,5	0,05	75,46	0,58	76,02	0,60	76,17	0,73	76,83	0,23
Controle	0	0	76,21	0,18	77,07	0,64	77,84	0,69	78,17	0,90

DP = desvio padrão

Tabela 39 - Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações (a*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			0 h		72 h		168 h		336 h	
			média	DP	Média	DP	média	DP	média	DP
1	0,855	0,085	2,48	0,35	0,69	0,45	0,17	0,87	0,97	0,53
2	0,145	0,085	2,83	0,70	1,91	0,55	1,11	0,94	0,81	0,43
3	0,855	0,015	3,26	0,32	2,32	0,35	1,77	0,39	1,06	0,79
4	0,145	0,015	3,91	0,29	2,09	0,26	1,45	0,96	0,61	0,61
5	0	0,05	4,62	0,43	1,33	0,35	1,14	0,18	-0,36	0,50
6	1	0,05	3,34	0,20	1,67	0,61	1,43	0,20	2,31	0,55
7	0,5	0	3,52	0,49	2,49	0,57	1,78	0,70	0,90	0,34
8	0,5	0,1	3,34	0,64	2,04	0,40	1,16	0,16	0,04	0,77
9	0,5	0,05	3,22	0,67	2,17	1,23	0,15	0,80	-0,02	0,51
10	0,5	0,05	2,43	0,28	2,22	0,38	1,28	0,84	0,38	0,47
11	0,5	0,05	3,70	0,55	1,87	0,38	1,23	0,54	1,06	0,39
Controle	0	0	3,92	0,49	2,55	0,39	1,70	0,90	0,66	0,98

DP = desvio padrão

Tabela 40 - Medidas do parâmetro b* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações (b*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			0 h		72 h		168 h		336 h	
			média	DP	Média	DP	média	DP	média	DP
1	0,855	0,085	17,23	0,49	18,73	0,13	20,11	0,84	18,69	0,33
2	0,145	0,085	16,37	0,14	17,94	0,48	19,12	0,37	18,08	0,55
3	0,855	0,015	17,26	0,19	18,28	0,28	19,76	0,22	18,20	0,52
4	0,145	0,015	16,29	0,32	18,21	0,30	19,28	0,67	18,14	0,47
5	0	0,05	17,87	0,19	18,32	0,54	18,67	0,24	17,45	0,42
6	1	0,05	16,14	0,58	18,72	0,33	19,87	0,12	18,73	0,43
7	0,5	0	17,14	0,30	17,16	0,32	18,64	0,37	17,32	0,33
8	0,5	0,1	16,87	0,21	18,93	0,46	19,48	0,40	18,27	0,52
9	0,5	0,05	16,71	0,20	17,90	0,60	18,81	0,70	17,58	0,63
10	0,5	0,05	16,99	0,30	17,80	0,13	19,38	0,43	17,75	0,50
11	0,5	0,05	16,73	0,52	17,97	0,12	18,85	0,30	17,97	0,14
Controle	0	0	16,08	0,30	17,08	0,48	18,70	0,19	16,97	0,78

DP = desvio padrão

8.2. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado à vácuo, estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, C* e h.

Tabela 41 – Coloração no sistema L*C*H* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			0 h			72 h				
			C*	Ângulo de tonalidade		C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE	
1	0,855	0,085	17,41	81,80		18,75	87,90	1,22	2,35	
2	0,145	0,085	16,62	80,19		18,04	83,91	1,08	1,82	
3	0,855	0,015	17,57	79,29		18,43	82,75	1,33	1,89	
4	0,145	0,015	16,75	76,49		18,33	83,47	1,28	2,80	
5	0	0,05	18,46	75,50		18,37	85,85	3,29	3,32	
6	1	0,05	16,48	78,32		18,79	84,90	1,14	3,26	
7	0,5	0	17,49	78,41		17,34	81,75	1,16	1,18	
8	0,5	0,1	17,20	78,80		19,04	83,84	1,25	2,46	
9	0,5	0,05	17,02	79,08		18,03	83,10	0,52	1,64	
10	0,5	0,05	17,16	81,85		17,93	82,90	1,23	1,66	
11	0,5	0,05	17,13	77,53		18,07	84,07	1,67	2,28	
Controle	0	0	16,55	76,28		17,27	81,52	1,45	1,91	
Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			168 h				336 h			
			C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE
1	0,855	0,085	20,11	89,51	2,51	3,80	18,71	87,02	1,64	2,41
2	0,145	0,085	19,16	86,67	2,01	3,26	18,10	87,45	2,19	3,56
3	0,855	0,015	19,84	84,87	1,82	2,97	18,23	86,67	2,30	2,40
4	0,145	0,015	19,33	85,69	2,88	4,08	18,15	88,07	3,52	4,19
5	0	0,05	18,70	86,50	3,56	3,87	17,45	88,83	4,89	5,21
6	1	0,05	19,93	85,88	2,39	4,23	18,87	82,99	1,44	2,86
7	0,5	0	18,72	84,56	1,94	2,54	17,35	87,04	2,62	3,25
8	0,5	0,1	19,51	86,58	2,49	3,70	18,27	89,88	3,42	4,45
9	0,5	0,05	18,81	89,54	3,26	3,73	17,58	89,93	3,31	3,44
10	0,5	0,05	19,42	86,22	1,39	3,25	17,76	88,78	2,11	3,38
11	0,5	0,05	18,89	86,27	2,74	3,33	18,00	86,64	2,79	3,23
Controle	0	0	18,78	84,81	2,62	3,80	16,98	87,76	3,35	3,91

8.3. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O₂, estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336h) – Parâmetros L*, a* e b*.

Tabela 42 - Medidas de Luminosidade do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações (L*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			0 h		48 h		72 h		168 h	
			média	DP	Média	DP	média	DP	média	DP
1	0,855	0,085	72,23	0,14	74,83	0,82	75,70	0,76	73,47	0,75
2	0,145	0,085	74,28	0,65	76,38	1,30	75,78	0,85	76,53	0,98
3	0,855	0,015	74,67	0,38	75,93	0,45	75,94	0,14	75,20	0,46
4	0,145	0,015	72,93	0,56	75,43	1,29	75,33	0,58	75,92	0,64
5	0	0,05	75,22	0,30	75,12	0,90	75,28	1,20	73,53	0,53
6	1	0,05	71,94	0,23	73,85	0,53	74,05	0,66	75,69	1,25
7	0,5	0	76,65	0,47	77,83	1,40	76,77	0,92	78,01	0,75
8	0,5	0,1	73,23	0,31	75,17	0,49	74,45	0,49	75,61	0,48
9	0,5	0,05	74,48	0,36	74,55	0,63	75,15	0,69	75,94	0,44
10	0,5	0,05	75,05	0,39	75,36	0,46	76,43	0,81	76,70	1,01
11	0,5	0,05	75,46	0,58	75,69	0,86	76,69	0,46	76,85	0,14
Controle	0	0	76,21	0,18	77,50	0,84	77,81	0,81	77,76	0,96

DP = desvio padrão

Tabela 43 - Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações (a*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			0 h		48 h		72 h		168 h	
			média	DP	Média	DP	média	DP	média	DP
1	0,855	0,085	2,48	0,35	2,98	0,51	2,95	0,84	1,84	0,78
2	0,145	0,085	2,83	0,70	2,77	1,05	2,73	0,79	1,17	0,39
3	0,855	0,015	3,26	0,32	1,63	1,02	2,11	0,49	1,57	0,49
4	0,145	0,015	3,91	0,29	2,75	1,26	1,78	0,73	1,42	0,34
5	0	0,05	4,62	0,43	2,23	0,83	1,56	0,60	2,46	0,67
6	1	0,05	3,34	0,20	2,49	1,01	3,23	0,67	0,52	0,97
7	0,5	0	3,52	0,49	2,06	0,55	2,77	0,96	1,63	0,63
8	0,5	0,1	3,34	0,64	1,91	0,75	2,84	1,16	0,54	0,36
9	0,5	0,05	3,22	0,67	1,86	0,70	2,21	0,54	2,28	0,14
10	0,5	0,05	2,43	0,28	1,56	0,76	2,69	0,32	1,31	0,85
11	0,5	0,05	3,70	0,55	1,87	0,75	1,82	0,97	2,17	0,08
Controle	0	0	3,92	0,49	3,13	1,43	1,96	0,84	2,15	0,61

Tabela 44 - Medidas do parâmetro b* do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações (b*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor							
			0 h		48 h		72 h		168 h	
			média	DP	Média	DP	média	DP	média	DP
1	0,855	0,085	17,50	0,51	17,51	0,60	17,80	0,52	20,63	0,36
2	0,145	0,085	16,37	0,14	16,93	0,46	17,93	0,50	19,28	0,39
3	0,855	0,015	17,26	0,19	16,05	0,76	18,42	0,25	19,55	0,34
4	0,145	0,015	16,08	0,30	16,28	0,39	18,15	0,43	19,40	0,26
5	0	0,05	16,32	0,29	17,08	0,61	17,69	0,69	20,76	0,39
6	1	0,05	17,99	0,32	17,77	0,40	19,26	0,60	18,98	0,69
7	0,5	0	16,61	0,58	16,13	0,84	17,27	0,32	18,82	0,14
8	0,5	0,1	17,14	0,30	17,92	0,39	18,31	0,50	19,50	0,22
9	0,5	0,05	16,87	0,21	17,91	0,30	17,94	0,55	19,73	0,26
10	0,5	0,05	16,71	0,20	19,28	0,52	18,26	0,47	19,13	0,34
11	0,5	0,05	16,99	0,30	19,37	0,21	17,66	0,10	19,31	0,13
Controle	0	0	16,73	0,52	18,80	0,49	17,71	0,35	19,01	0,64

8.4. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O₂, estocado a 7°C em câmara fria com iluminação fria de 1000-1500 lux por 14 dias (336h) – Parâmetros L*, C* e h.

Tabela 45 – Medidas de coloração no sistema L*C*h do salsichão de frango fatiado e embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em câmara fria a 7°C

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor															
			0 h				48 h				72 h				168 h			
			C*	tonalidade	ΔH	ΔE	C*	tonalidade	ΔH	ΔE	C*	tonalidade	ΔH	ΔE	C*	tonalidade	ΔH	ΔE
1	0,855	0,085	17,68	81,93	17,76	80,33	0,49	2,65	18,05	80,59	0,42	3,52	20,71	84,90	0,99	3,43		
2	0,145	0,085	16,62	80,19	17,15	80,70	0,15	2,17	18,14	81,35	0,35	2,16	19,31	86,53	1,98	4,03		
3	0,855	0,015	17,57	79,29	16,14	84,22	1,45	2,40	18,54	83,48	1,32	2,08	19,61	85,42	1,99	2,90		
4	0,145	0,015	16,55	76,32	16,51	80,42	1,18	2,76	18,24	84,41	2,45	3,82	19,45	85,83	2,97	5,12		
5	0	0,05	16,96	74,19	17,23	82,55	2,49	2,51	17,76	84,98	3,26	3,36	20,90	83,24	2,97	5,22		
6	1	0,05	18,30	79,49	17,94	82,02	0,80	2,10	19,53	80,47	0,32	2,47	18,99	88,42	2,90	4,79		
7	0,5	0	16,98	78,05	16,26	82,73	1,36	1,94	17,49	80,87	0,85	1,00	18,89	85,04	2,18	3,21		
8	0,5	0,1	17,46	78,97	18,03	83,93	1,54	2,54	18,52	81,19	0,70	1,76	19,50	88,40	3,03	4,37		
9	0,5	0,05	17,18	79,18	18,00	84,08	1,50	1,72	18,08	82,99	1,17	1,62	19,86	83,42	1,37	3,35		
10	0,5	0,05	16,89	81,72	19,34	85,37	1,15	2,73	18,46	81,61	0,03	2,09	19,17	86,09	1,37	3,14		
11	0,5	0,05	17,39	77,72	19,46	84,50	2,17	3,01	17,75	84,12	1,96	2,35	19,43	83,58	1,88	3,11		
Controle	0	0	17,18	76,80	19,06	80,56	1,19	2,57	17,82	83,70	2,11	2,72	19,13	83,53	2,13	3,28		

9. ANEXO II – MEDIDAS DE COLORAÇÃO PARA EXPERIMENTO EM BOD

9.1. Estudo com Salsichão de Frango Fatiado, estocado a 7°C, sob iluminação de 3000 lux, embalado filme a vácuo e estocado em BOD.

Tabela 46 - Medidas de luminosidade do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C

Formulações (L*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor											
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h		336 h	
			média	DP										
1	0,855	0,085	71,66	0,47	73,70	0,25	75,61	0,15	76,78	0,26	75,61	0,15	78,27	0,45
2	0,145	0,085	73,11	0,43	77,53	0,63	77,79	0,28	79,13	0,16	78,82	0,26	79,89	0,63
3	0,855	0,015	74,20	0,34	76,68	0,43	77,21	0,27	78,46	0,19	78,49	0,13	78,05	0,14
4	0,145	0,015	71,63	0,39	73,57	0,60	74,44	0,21	76,10	0,42	75,43	0,45	76,36	0,39
5	0	0,05	74,31	0,47	77,80	0,30	76,96	0,21	78,95	0,41	78,25	0,42	78,85	0,34
6	1	0,05	71,68	0,31	74,50	0,41	74,07	0,41	76,35	0,63	76,00	0,36	76,42	0,69
7	0,5	0	75,17	0,45	79,01	0,48	78,60	0,24	78,77	0,51	79,37	1,06	80,64	0,24
8	0,5	0,1	73,55	0,35	75,50	0,51	75,79	0,38	77,58	0,32	77,47	0,45	79,31	0,58
9	0,5	0,05	74,63	0,44	76,72	0,25	77,36	0,22	78,29	0,40	78,23	0,31	79,53	0,39
10	0,5	0,05	75,44	0,47	77,60	0,58	78,67	0,21	79,12	0,52	78,17	0,86	79,47	0,54
11	0,5	0,05	74,79	0,17	76,48	0,22	77,58	0,30	78,30	0,17	78,08	0,39	79,06	0,41
Controle	0	0	75,94	0,13	77,84	0,44	79,25	0,31	80,85	0,52	80,85	0,63	81,52	0,33

DP = desvio padrão

Tabela 47 - Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C

Formulações (a*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor											
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h		336 h	
			média	DP										
1	0,855	0,085	8,66	0,14	3,97	0,28	2,84	0,14	1,97	0,07	2,05	0,21	2,84	0,14
2	0,145	0,085	8,58	0,13	2,78	0,19	2,74	0,09	2,04	0,11	2,09	0,04	2,48	0,18
3	0,855	0,015	7,39	0,28	3,00	0,12	2,69	0,09	2,03	0,06	2,06	0,14	2,37	0,10
4	0,145	0,015	9,94	0,22	4,91	0,51	4,16	0,19	2,92	0,10	2,46	0,10	2,66	0,08
5	0	0,05	9,09	0,37	4,05	0,36	3,55	0,48	2,58	0,19	1,97	0,09	2,23	0,13
6	1	0,05	9,32	0,44	4,68	0,30	4,20	0,15	2,86	0,11	2,46	0,12	3,03	0,11
7	0,5	0	7,96	0,08	3,09	0,43	2,49	0,28	2,06	0,16	1,73	0,20	1,92	0,11
8	0,5	0,1	8,71	0,09	3,93	0,13	3,18	0,11	2,25	0,08	2,02	0,11	2,45	0,17
9	0,5	0,05	8,50	0,13	3,20	0,28	2,77	0,35	2,39	0,18	2,01	0,13	2,39	0,17
10	0,5	0,05	8,17	0,33	2,92	0,18	2,43	0,07	1,95	0,13	1,82	0,15	2,44	0,07
11	0,5	0,05	8,29	0,06	4,36	0,77	3,42	0,38	2,63	0,23	2,24	0,30	2,72	0,22
Controle	0	0	8,30	0,17	3,50	0,42	2,76	0,44	2,19	0,22	1,83	0,23	1,88	0,14

Tabela 48 - Medidas do parâmetro b* do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C

Formulações (b*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor											
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h		336 h	
			média	DP										
1	0,855	0,085	23,46	0,26	24,76	0,23	23,37	0,18	22,23	0,41	22,68	0,71	21,18	0,57
2	0,145	0,085	22,06	0,35	21,80	0,28	22,14	0,31	20,19	0,28	21,96	0,41	20,99	0,58
3	0,855	0,015	21,91	0,30	20,97	0,23	20,39	0,22	18,38	0,31	18,67	0,37	19,22	0,44
4	0,145	0,015	21,43	0,32	22,51	0,45	21,76	0,19	19,46	0,13	21,06	0,35	20,38	0,29
5	0	0,05	21,12	0,31	21,95	0,41	21,26	0,79	19,41	0,60	20,78	0,34	20,33	0,48
6	1	0,05	23,16	0,84	23,73	0,38	19,20	9,12	20,96	0,54	21,35	0,64	22,01	0,51
7	0,5	0	20,70	0,37	20,84	0,80	20,47	0,97	18,99	0,69	19,63	0,89	19,51	0,62
8	0,5	0,1	22,60	0,28	22,94	0,22	22,51	0,35	20,91	0,35	22,34	0,50	20,85	0,82
9	0,5	0,05	22,13	0,34	23,11	0,51	22,13	0,33	21,01	0,45	21,89	0,68	21,46	0,24
10	0,5	0,05	20,94	0,46	21,31	0,26	20,31	0,38	18,82	0,53	19,98	0,38	20,50	0,59
11	0,5	0,05	20,50	0,19	21,56	0,86	20,42	0,62	18,90	0,68	19,73	1,04	20,83	1,06
Controle	0	0	20,78	0,19	21,44	0,38	20,12	0,37	18,73	0,30	19,03	0,39	18,92	0,63

DP = desvio padrão

9.2. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com vácuo, estocado BOD refrigerada a 7°C com iluminação fria de 3000 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, C* e h.

Tabela 49 - Medidas de coloração no sistema L*C*h do salsichão de frango fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	0h		24 h				48 h			
			C*	Ângulo de tonalidade	C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE
1	0,855	0,085	25,01	69,74	25,08	80,89	4,87	5,28	22,32	84,93	5,16	7,03
2	0,145	0,085	23,67	68,75	21,98	82,73	5,55	7,30	20,30	84,23	4,77	7,48
3	0,855	0,015	23,12	71,36	21,18	81,86	4,05	5,13	18,49	83,69	1,72	5,78
4	0,145	0,015	25,46	65,13	23,04	77,70	5,30	6,01	19,68	81,46	3,35	7,08
5	0	0,05	24,13	66,38	22,32	79,55	5,32	6,59	19,58	82,44	4,18	6,71
6	1	0,05	25,98	68,45	24,19	78,84	4,54	5,71	21,15	82,22	5,47	7,71
7	0,5	0	23,21	69,47	21,07	81,57	4,66	6,27	19,10	83,81	4,08	6,62
8	0,5	0,1	24,22	68,92	23,27	80,28	4,70	5,17	21,03	83,85	4,52	5,97
9	0,5	0,05	23,71	68,99	23,33	82,12	5,38	5,78	21,15	83,51	5,13	6,35
10	0,5	0,05	22,48	68,69	21,51	82,20	5,17	5,69	18,92	84,08	4,55	6,62
11	0,5	0,05	22,11	67,98	22,00	78,57	4,07	4,41	19,08	82,08	3,82	5,62
Controle	0	0	22,38	68,23	21,72	80,73	4,80	5,20	18,86	83,34	4,33	6,49

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	96 h				168 h				336 h			
			C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ângulo de tonalidade	ΔH	ΔE
1	0,855	0,085	22,32	84,93	6,24	8,51	22,77	84,83	6,27	7,74	21,37	82,36	5,08	9,10
2	0,145	0,085	20,30	84,23	5,91	9,08	22,06	84,57	6,29	8,65	21,14	83,27	5,66	9,19
3	0,855	0,015	18,49	83,69	4,44	7,70	18,79	83,71	4,48	7,57	19,37	82,98	4,28	6,88
4	0,145	0,015	19,68	81,46	6,36	9,48	21,20	83,34	7,36	9,13	20,55	82,57	6,94	9,51
5	0	0,05	19,58	82,44	6,08	8,87	20,87	84,59	7,10	8,73	20,45	83,74	6,71	8,87
6	1	0,05	21,15	82,22	5,62	8,83	21,49	83,43	6,16	8,83	22,22	82,17	5,74	8,42
7	0,5	0	19,10	83,81	5,26	7,47	19,71	84,95	5,76	7,82	19,60	84,38	5,54	8,43
8	0,5	0,1	21,03	83,85	5,86	7,79	22,43	84,83	6,45	7,76	20,99	83,29	5,64	8,68
9	0,5	0,05	21,15	83,51	5,66	7,21	21,99	84,75	6,26	7,43	21,59	83,64	5,77	7,86
10	0,5	0,05	18,92	84,08	5,52	7,53	20,06	84,79	5,95	6,98	20,65	83,22	5,45	7,02
11	0,5	0,05	19,08	82,08	5,04	6,85	19,86	83,52	5,67	6,93	21,00	82,56	5,47	7,03
Controle	0	0	18,86	83,34	5,40	8,10	19,12	84,50	5,85	8,30	19,01	84,32	5,78	8,71

9.3. Estudo com salsichão de frango fatiado, estocado a 7°C, sob iluminação de 3000 lux, Embalado em filme permeável ao O₂ e estocado em BOD.

Tabela 50 - Medidas de Luminosidade do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C

Formulações (L*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h	
			média	DP								
1	0,855	0,085	73,60	0,28	75,92	0,42	75,38	0,38	77,95	0,64	78,79	0,78
2	0,145	0,085	75,28	0,17	77,66	0,34	76,10	1,94	79,55	0,59	78,45	0,41
3	0,855	0,015	75,34	0,31	77,86	0,48	75,92	0,41	78,56	0,35	80,57	0,34
4	0,145	0,015	73,38	0,40	75,23	0,29	75,35	0,41	77,42	0,87	77,77	1,22
5	0	0,05	75,33	0,21	77,41	0,54	76,74	0,37	78,89	0,33	80,62	0,53
6	1	0,05	73,38	0,41	75,55	0,22	75,34	0,22	77,68	0,84	78,52	0,68
7	0,5	0	76,06	0,35	76,84	0,34	76,55	0,43	79,34	0,45	82,70	0,57
8	0,5	0,1	74,41	0,32	75,62	0,37	76,35	0,43	78,10	0,48	81,22	0,28
9	0,5	0,05	75,06	0,44	76,38	0,60	76,35	0,55	79,79	0,85	80,94	0,80
10	0,5	0,05	75,68	0,46	76,90	0,61	76,22	0,32	79,00	0,52	81,32	0,38
11	0,5	0,05	75,09	0,43	75,52	0,51	76,02	0,50	79,57	0,57	79,25	0,73
Controle	0	0	76,58	0,33	79,46	0,31	79,79	0,41	82,02	0,24	81,70	0,58

DP = desvio padrão

Tabela 51 – Medidas do parâmetro a* do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C

Formulações (a*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h	
			média	DP								
1	0,855	0,085	8,05	0,26	2,99	0,22	2,16	0,15	1,21	0,04	1,00	0,21
2	0,145	0,085	8,43	0,30	3,84	0,24	2,32	0,20	1,55	0,21	1,69	0,19
3	0,855	0,015	6,91	0,28	2,88	0,20	2,15	0,21	1,70	0,17	1,39	0,10
4	0,145	0,015	9,57	0,36	3,75	0,64	2,93	0,54	2,11	0,44	1,89	0,25
5	0	0,05	8,33	0,14	3,15	0,11	2,45	0,07	1,88	0,07	1,88	0,25
6	1	0,05	7,96	0,34	3,75	0,32	2,61	0,27	2,02	0,25	1,79	0,10
7	0,5	0	7,21	0,33	3,17	0,28	2,44	0,24	1,76	0,05	1,27	0,05
8	0,5	0,1	7,98	0,22	3,06	0,39	2,50	0,24	1,76	0,22	1,38	0,27
9	0,5	0,05	7,89	0,28	3,30	0,30	2,59	0,22	2,07	0,21	1,53	0,05
10	0,5	0,05	7,74	0,29	3,46	0,56	2,71	0,34	2,37	0,20	1,66	0,29
11	0,5	0,05	8,19	0,21	3,90	0,51	2,86	0,35	1,75	0,25	1,74	0,29
Controle	0	0	8,01	0,32	2,90	0,52	2,19	0,18	1,79	0,15	1,35	0,13

Tabela 52 - Medidas do parâmetro b* do salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C

Formulações (b*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h	
			média	DP								
1	0,855	0,085	20,81	0,35	20,15	0,27	21,03	0,44	21,18	0,13	20,59	0,59
2	0,145	0,085	19,89	0,35	18,42	0,31	19,01	0,54	18,82	0,62	19,32	0,74
3	0,855	0,015	20,21	0,53	18,80	0,53	19,17	0,50	19,38	0,58	18,14	0,67
4	0,145	0,015	19,69	0,46	18,94	0,29	18,94	0,21	19,40	0,45	20,14	0,46
5	0	0,05	18,98	0,15	18,26	0,41	18,65	0,25	18,59	0,30	18,62	0,17
6	1	0,05	20,68	0,34	20,37	0,25	19,46	0,32	19,91	0,59	19,34	0,90
7	0,5	0	19,08	0,40	18,55	0,39	18,30	0,34	18,33	0,33	17,16	0,36
8	0,5	0,1	19,92	0,29	19,66	0,36	20,14	0,35	20,05	0,65	20,04	1,23
9	0,5	0,05	20,30	0,42	19,94	0,36	20,06	0,49	19,41	0,46	19,47	0,36
10	0,5	0,05	19,61	0,26	19,23	1,29	19,33	1,27	20,08	1,32	18,73	1,23
11	0,5	0,05	19,28	0,34	18,80	0,60	17,98	0,23	17,39	0,48	18,17	0,79
Controle	0	0	18,81	0,37	17,76	0,52	17,48	0,24	17,77	0,38	17,60	0,36

DP = desvio padrão

9.4. Acompanhamento da coloração de salsichão de frango fatiado, embalado com filme permeável ao O₂, estocado em BOD refrigerada a 7°C com iluminação fria de 3000 lux por 14 dias (336 h) – Parâmetros L*, C* e h.

Tabela 53 - Medidas de coloração no sistema L*C*h do salsichão de frango fatiado, embalado com permeabilidade ao O₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C, tempos de 0, 24h e 48h de estocagem.

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h				48 h			
			C*	Ang. de tonalidade	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE
1	0,855	0,085	22,31	68,85	20,37	81,56	4,72	5,61	21,15	84,13	5,77	6,15
2	0,145	0,085	21,60	67,03	18,82	78,22	3,93	5,38	19,15	83,05	5,67	6,23
3	0,855	0,015	21,36	71,12	19,02	81,29	3,57	4,96	19,29	83,59	4,41	4,91
4	0,145	0,015	21,89	64,08	19,31	78,80	5,27	6,15	19,16	81,20	6,10	6,97
5	0	0,05	20,73	66,30	18,53	80,21	4,75	5,63	18,81	82,50	5,56	6,05
6	1	0,05	22,16	68,95	20,71	79,57	3,97	4,75	19,63	82,35	4,87	5,83
7	0,5	0	20,40	69,30	18,82	80,30	3,76	4,15	18,46	82,40	4,43	4,86
8	0,5	0,1	21,46	68,17	19,90	81,15	4,67	5,07	20,29	82,92	5,36	5,82
9	0,5	0,05	21,78	68,76	20,21	80,60	4,33	4,79	20,22	82,65	5,08	5,46
10	0,5	0,05	21,08	68,46	19,54	79,80	4,01	4,47	19,52	82,01	4,79	5,06
11	0,5	0,05	20,95	66,98	19,20	78,28	3,95	4,34	18,21	80,96	4,75	5,56
Controle	0	0	20,44	66,93	18,00	80,73	4,61	5,96	17,62	82,87	5,26	6,78

Tabela 54 - Medidas de coloração no sistema L*C*h do salsichão de frango fatiado, embalado com permeabilidade ao O₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C, tempos de 96 h e 168 h de estocagem.

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	96 h				168 h			
			C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE
1	0,855	0,085	21,21	86,73	6,76	8,11	20,61	87,22	6,85	8,76
2	0,145	0,085	18,88	85,29	6,41	8,17	19,40	84,99	6,39	7,47
3	0,855	0,015	19,45	84,99	4,92	6,18	18,20	85,61	4,97	7,88
4	0,145	0,015	19,51	83,79	7,08	8,49	20,23	84,64	7,51	8,86
5	0	0,05	18,68	84,23	6,13	7,38	18,71	84,22	6,13	8,35
6	1	0,05	20,01	84,21	5,59	7,37	19,42	84,72	5,69	8,14
7	0,5	0	18,41	84,50	5,13	6,40	17,21	85,76	5,36	9,11
8	0,5	0,1	20,13	84,98	6,08	7,23	20,09	86,07	6,46	9,49
9	0,5	0,05	19,52	83,90	5,43	7,55	19,53	85,52	6,01	8,70
10	0,5	0,05	20,22	83,26	5,32	6,33	18,81	84,94	5,71	8,34
11	0,5	0,05	17,48	84,24	5,74	8,07	18,25	84,52	5,96	7,75
Controle	0	0	17,86	84,26	5,76	8,33	17,66	85,61	6,16	8,49

10. ANEXO III - Acompanhamento da coloração do salsichão de frango, com ou sem sofrer estresse térmico pré-embalagem, estocado em BOD refrigerada a 7°C.

10.1. Produto fatiado, embalado a vácuo e estocado em BOD refrigerada a 7°C e sob iluminação fria constante de 3000 lux.

Tabela 55 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré-fatiamento, embalado a vácuo – Parâmetros L*, a* e b*.

Ensaio	Alho Em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor											
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h		336 h	
			DP	DP	DP									
5	0,855	0,085	73,95	0,43	75,16	0,27	76,07	0,55	76,16	0,73	77,99	0,49	77,94	0,83
7	0,145	0,085	75,03	0,56	76,38	0,55	76,98	0,50	77,19	0,56	78,42	0,20	77,71	0,33
11	0,855	0,015	73,20	0,19	75,42	0,33	76,85	0,12	78,22	0,47	77,49	0,55	79,73	0,66
Ctrl	0,145	0,015	75,03	0,26	76,53	0,27	77,89	0,44	77,80	0,29	78,88	0,40	79,27	0,47
Ensaio (a*)	Alho Em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor											
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h		336 h	
			DP	DP										
5	0,855	0,085	9,15	0,36	5,24	0,22	3,98	0,09	3,50	0,23	2,47	0,06	2,79	0,13
7	0,145	0,085	7,79	0,35	3,98	0,48	3,26	0,51	2,52	0,37	1,99	0,24	2,70	0,23
11	0,855	0,015	8,05	0,26	4,87	0,36	3,22	0,60	2,73	0,53	2,66	0,46	2,74	0,21
Ctrl	0,145	0,015	8,14	0,11	4,32	0,31	3,20	0,14	2,87	0,24	2,16	0,25	2,22	0,07
Ensaio (b*)	Alho Em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor											
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h		336 h	
			DP	DP										
5	0,855	0,085	22,97	1,10	23,84	0,52	23,02	0,90	21,82	0,90	21,32	1,10	21,06	0,74
7	0,145	0,085	22,57	0,47	23,84	0,87	21,86	0,78	20,56	1,18	19,99	0,28	20,63	0,54
11	0,855	0,015	21,04	0,27	22,80	0,28	20,83	0,51	19,31	0,53	20,44	0,74	20,19	0,53
Ctrl	0,145	0,015	21,83	0,46	22,18	0,24	20,70	0,33	19,91	0,24	19,35	0,37	19,11	0,23

DP = desvio padrão

Tabela 56 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré-fatiamento, embalado a vácuo – Parâmetros L*, C* e h.

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h				48 h			
			C*	Ang. de tonalidade	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE
5	0,855	0,085	24,73	68,28	24,41	77,60	3,99	4,18	23,36	80,19	4,99	5,59
7	0,145	0,085	23,88	70,96	24,17	80,52	4,01	4,24	22,10	81,53	4,23	4,99
11	0,855	0,015	22,53	69,06	23,31	77,94	3,55	4,26	21,08	81,21	4,61	6,05
Ctrl	0,145	0,015	23,30	69,55	22,60	78,98	3,77	4,12	20,95	81,21	4,49	5,82

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor											
			96 h				168 h				336 h			
			C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE
5	0,855	0,085	22,10	80,89	5,13	6,17	21,46	83,40	6,06	7,98	21,06	82,45	5,53	7,75
7	0,145	0,085	20,71	83,01	4,67	6,04	20,09	84,31	5,09	7,20	20,63	82,53	4,37	6,07
11	0,855	0,015	19,50	81,96	4,71	7,52	20,62	82,60	5,08	6,92	20,19	82,28	4,85	8,46
Ctrl	0,145	0,015	20,12	81,80	4,62	6,26	19,47	83,64	5,22	7,53	19,11	83,38	4,99	7,78

10.2. Produto fatiado, embalado com filme permeável ao O₂ e estocado em BOD refrigerada a 7°C e sob iluminação fria constante de 3000 lux.

Tabela 57 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré fatiamento, embalado com filme permeável ao O₂ – Parâmetros L*, a* e b*.

Ensaio (L*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h	
			DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP		
5	0,855	0,085	75,50	0,43	76,48	0,58	74,98	0,65	78,24	0,27	78,90	0,58
7	0,145	0,085	75,92	0,56	76,41	0,34	75,48	0,44	78,83	0,33	80,07	0,19
11	0,855	0,015	75,17	0,19	75,35	0,43	74,81	0,09	78,84	0,30	79,54	0,54
Ctrl	0,145	0,015	76,80	0,26	77,48	0,21	76,57	0,40	78,86	0,12	79,16	0,29
Ensaio (a*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h	
			DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP		
5	0,855	0,085	7,38	0,36	3,90	0,59	3,60	0,66	2,93	0,62	2,24	0,53
7	0,145	0,085	7,22	0,35	3,46	0,49	2,74	0,54	2,10	0,13	1,42	0,07
11	0,855	0,015	7,96	0,26	4,20	0,57	3,81	0,29	2,40	0,23	1,95	0,30
Ctrl	0,145	0,015	7,88	0,11	3,67	0,48	3,40	0,27	2,69	0,27	2,12	0,35
Ensaio (b*)	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h		48 h		96 h		168 h	
			0	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP		
5	0,855	0,085	20,20	1,10	19,24	0,33	19,66	0,12	19,38	0,32	19,26	0,65
7	0,145	0,085	20,32	0,47	19,83	0,28	18,99	0,39	18,84	0,41	18,10	0,29
11	0,855	0,015	20,70	0,27	19,57	0,41	19,76	0,37	18,71	0,30	18,67	0,35
Ctrl	0,145	0,015	18,90	0,46	18,56	0,57	18,62	0,50	19,21	0,41	19,05	0,56

DP = desvio padrão

Tabela 58 - Medidas de coloração para salsichão de frango submetido a estresse pré fatiamento, embalado com filme permeável ao O₂ – Parâmetros L*, C* e h.

Formulações	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			0h		24 h				48 h			
			C*	Ang. de tonalidade	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE
5	0,855	0,085	21,51	69,93	19,63	78,54	3,09	3,74	19,98	79,63	3,50	3,86
7	0,145	0,085	21,56	70,44	20,13	80,10	3,51	3,82	19,19	81,80	4,03	4,70
11	0,855	0,015	22,18	68,97	20,02	77,89	3,28	3,93	20,12	79,09	3,73	4,27
Ctrl	0,145	0,015	20,48	67,37	18,92	78,81	3,93	4,28	18,93	79,64	4,21	4,49
	Alho em pó (%)	Extrato de Alecrim (%)	Cor									
			96 h				168 h					
			C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE	C*	Ang. de tonalidade	ΔH	ΔE		
5	0,855	0,085	19,60	81,41	4,11	5,29	19,39	83,36	4,78	6,23		
7	0,145	0,085	18,95	83,65	4,65	6,07	18,15	85,51	5,19	7,47		
11	0,855	0,015	18,86	82,68	4,88	6,95	18,77	84,04	5,35	7,70		
Ctrl	0,145	0,015	19,40	82,04	5,09	5,59	19,17	83,66	5,61	6,23		