

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VALIDAÇÃO DO USO DE FOTOGRAFIAS PARA
AVALIAÇÃO VISUAL DA CARNE DE BOVINOS
TERMINADOS EM CONFINAMENTO, COM OU SEM
ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA DIETA

Autor: Rodrigo Augusto Cortêz Passetti
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Sañudo Astiz

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VALIDAÇÃO DO USO DE FOTOGRAFIAS PARA
AVALIAÇÃO VISUAL DA CARNE DE BOVINOS
TERMINADOS EM CONFINAMENTO, COM OU SEM
ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA DIETA

Autor: Rodrigo Augusto Cortêz Passetti
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Sañudo Astiz

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração: Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**VALIDAÇÃO DO USO DE FOTOGRAFIAS PARA
AVALIAÇÃO VISUAL DA CARNE DE BOVINOS
TERMINADOS EM CONFINAMENTO COM OU SEM
ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA DIETA**

Autor: Rodrigo Augusto Cortêz Passetti
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 15 de fevereiro de 2016.

Prof. Dr. Ana Maria Bridi

Dr. Ana Guerrero Barrado

Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado
(Orientador)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

P287v Passetti, Rodrigo Augusto Cortéz
Validação do uso de fotografias para avaliação visual da carne de bovinos terminados em confinamento, com ou sem adição de óleos essenciais na dieta / Rodrigo Augusto Cortéz Passetti. -- Maringá, 2016.
xii, 39 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado.
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Sañudo Astiz.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2016.

1. Carne bovina - Animais em confinamento - Cor.
2. Óleo essencial de cravo - Dieta de bovinos em confinamento. 3. Óleo essencial de canela - Dieta de bovinos em confinamento. 4. Carne bovina - Animais em confinamento - Imagens digitais . I. Prado, Ivanor Nunes do, orient. II. Sañudo Astiz, Carlos, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.213

AMMA-003063

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29

A
Deus...
pela força.

Aos
meus pais, Paulo e Maria Célia,
pelo amor e apoio eterno.

Ao
meu avô, Paulo,
pelo carinho e admiração.

À
namorada, Ludmila,
pelo incentivo e carinho.

Aos
amigos e familiares,
pelos momentos de grande felicidade.

DEDICO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá, ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia e a Universidad de Zaragoza (Espanha), os quais possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos no Brasil.

Ao Professor e orientador Dr. Ivanor Nunes do Prado, e ao coorientador Prof. Dr. Carlos Sañudo Astiz, pela oportunidade concedida, ensinamentos e amizade.

Aos Professores do Departamento de Zootecnia e do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos. Em especial aos Professores, Dr.^a Alice Eiko Murakami, Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira, Dr. Clóves Cabreira Jobim, Dr. Ferenc Istvan Bánkuti, Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo, Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, e ao Dr. Luiz Paulo Rigolon, contribuidores principais na realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. José Carlos Barbosa, e ao pós-graduando Walter Maldonado Jr., ambos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (Unesp-Jaboticabal), pelo auxílio na realização das análises de estatística.

A los profesores de la Universidad de Zaragoza, Carlos Sañudo Astiz y Maria del Mar Campo por la amistad y contribución a la finalización deste trabajo.

Ao produtor Sr. Guto Grassano, pela disponibilização dos animais usados no experimento.

Aos funcionários da Universidade Estadual de Maringá, Hermógenes Augusto Neto, Denilson Vicentin e Elizabete dos Santos, pelos serviços prestados durante todo o período do mestrado, bem como aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi,

1 José Carlos da Silva, Vicente Mendes Faleiros e Agamenom José da Silva, por
2 auxiliarem na execução do experimento.

3 Aos colegas do grupo de pesquisa, Ana Carolina Vital, Ana Guerrero, Ana Flávia
4 Brunheira, Camila Barbosa, Camila Mottin, Carlos Andreotti, Carlos Eiras, Danielle
5 Algeri, Dayane Rivaroli, Érica Peron, Fernando Zawadzki, Gabriela Cunha, Gustavo
6 Gonçalves, Iara Vizotto, Jéssica Monteschio, Juliana Akamine, Kennyson Alves de
7 Souza, Kleverson Knop, Maribel Velandia Valero, Mariana Garcia Ornaghi, Marisa
8 Alves, Tatiane Rogélio Ramos e Vinícius Barcellos, pelo auxílio, dedicação e ambiente
9 de trabalho solidário e divertido proporcionado por eles.

10 Aos amigos e colegas da vida pessoal e acadêmica sempre presentes, pelo auxílio
11 intelectual e amizade.

12 Aos meus familiares, Paulo Cesar Passetti e Maria Célia Cortez Passetti e a
13 Ludmila Couto Gomes, pela presença e apoio.

14 A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28

BIOGRAFIA

RODRIGO AUGUSTO CORTEZ PASSETTI, filho de Paulo Cesar Passetti e Maria Célia Cortez Passetti, nasceu em Maringá, Paraná, no dia 24 de julho de 1991.

Em dezembro de 2013, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM - PR), com período sanduíche de setembro de 2012 a agosto de 2013, pelo programa Ciências sem Fronteiras, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, na Van Hall Larenstein University of Applied Sciences, Holanda.

Em março de 2014, ingressou no Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, realizando estudos na subárea de Grandes Ruminantes de Corte.

Entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016, realizou um estágio de três meses na Universidad de Zaragoza, trabalhando em diversos experimentos de análises instrumentais e sensoriais da carne.

Em fevereiro de 2016, submeteu-se à banca examinadora para a defesa da presente Dissertação.

ÍNDICE

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		Página
14	RESUMO	vii
15	ABSTRACT	iix
16	RESUMEN	xi
17	I – REVISÃO DE LITERATURA	1
18	1. Considerações iniciais sobre a cor da carne bovina	1
19	2. Cor e visão na espécie humana	2
20	3. Coloração da carne	4
21	4. Fatores que afetam a coloração da carne.....	6
22	5. Métodos de avaliação da cor da carne.....	9
23	6. Uso de imagens na avaliação da cor.....	10
24	7. Literatura citada	12
25	II - OBJETIVOS	17
26	III - VALIDATION OF THE USE OF PHOTOGRAPHS TO EVALUATE MEAT	
27	VISUAL ACCEPTABILITY OF BULLS FINISHED IN FEEDLOT FED WITH OR	
28	WITHOUT ESSENTIAL OILS	18
29	ABSTRACT	18
30	1. Introduction	18
31	2. Material and Methods.....	20
32	3. Results	23
33	4. Discussion	25
34	5. Conclusions	30
35	6. Acknowledgements	30
36	7. References	312
37	IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
38		

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

RESUMO

A cor desempenha um papel importante na avaliação da qualidade da carne, principalmente na hora da decisão da compra. A metodologia sensorial tradicional para avaliação da evolução da cor de carne em exposição é complexa, cara e demanda um longo período para sua realização. O uso de fotografias é uma alternativa para superar essas dificuldades. Assim, a validação desse tipo de ferramenta se torna necessária, e por isso objetivou-se comparar a percepção da cor da carne entre a visualização diretamente em um expositor e suas fotografias correspondentes para avaliar a confiabilidade e precisão do uso de fotografias de alimentos como ferramenta de avaliação. Quarenta animais Pardos Suíços vs. Nelores (meio-irmãos) com 12 meses de idade e peso vivo médio (PV) de $219 \pm 11,7$ kg foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em três grupos de dietas: CON (n = 8) – dieta sem adição de óleos essenciais; CLO (n = 16) – dieta com 5.000 mg/animal/dia de óleos essenciais de cravo e CIN (n = 16) – dieta com 5.000 mg/animal/dia de óleos essenciais de canela. Após o abate, bifes de dois centímetros de espessura foram cortados do músculo *longissimus thoracis* e congelados. Para análise visual, os bifes foram descongelados e embalados individualmente em bandejas com papel filme, sendo mantidos a 4 ± 1 °C em condições de varejo simulados, utilizando luz fluorescente (1200 lx, 12 h por dia) em um expositor comercial. Dezesete consumidores (8 do sexo masculino e 9 do sexo feminino) avaliaram sua aceitação visual da aparência, utilizando uma escala hedônica estruturada de nove pontos (um = não gostam extremamente e nove = gostam extremamente). A vida de prateleira das carnes foi determinada pelo número de dias que as amostras receberam notas superiores a 5. Cada consumidor participou de duas sessões de avaliação por um intervalo de duas semanas. Na primeira sessão, os

1 consumidores avaliaram as amostras em bandejas diretamente em um expositor
2 comercial (Trays) e na segunda sessão os consumidores avaliaram fotos
3 correspondentes das amostras em ordem sequencial (Sequential) e em ordem aleatória
4 (Random). Variância das notas atribuídas e os seus desvios padrão respectivos foram
5 analisadas pelo modelo GLM (Tukey a 5,0%). O efeito dos dias de exposição foi
6 analisado por regressão simples. Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo
7 IBM Statistical Package of Social Science (SPSS). O grupo CON resultou em escores
8 mais altos nos dias 6, 7 e 8, como também uma maior vida de prateleira do que as dietas
9 de óleos essenciais. Os escores para Trays and Sequential foram semelhantes na maioria
10 dos dias, portanto, imagens digitais podem ser utilizadas para avaliar a evolução da cor.
11 No entanto, a metodologia Random resultou em pontuações mais baixas nos primeiros
12 dias, como também uma menor velocidade na queda dos escores de aceitação do que
13 nos métodos Trays e Sequential ($P < 0,05$) entre o segundo ao quinto dia. Quando os
14 desvios padrões foram avaliados, os métodos Trays e Sequential apresentaram variação
15 igual ou maior ao método Random na maioria dos dias, porém ambos os métodos por
16 fotografias apresentaram maior variação nos últimos dias de exposição. O método Trays
17 também apresentou uma maior flutuação no desvio padrão durante os dias de exposição,
18 e por isso conclui-se que as imagens digitais promoveram uma situação mais
19 padronizada para as avaliações, porque as diferenças entre consumidores mantiveram-se
20 constantes ao longo dos onze dias de avaliação.

21

22 *Palavras chave:* Cor, cravo, canela, imagens.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

ABSTRACT

Colour perception plays a major role in evaluation of meat quality, especially during purchasing. The traditional sensorial methodology of assessing meat color evolution in displays is complex, expensive and demands long duration. Photographs are an alternative to overcome these difficulties thus the validation of this methodology becomes necessary. Thus, the objective of this study was to compare perception of meat between viewing meat directly in displayer and their corresponding photographs to assess the reliability and accuracy of using food photographs as an assessment tool. Forty Schwyz vs. Nellore bulls (half-brothers), 12 month-old, average live weight (LW) of $219 + 11.7$ kg were used in a complete randomized design and distributed in three diets groups: CON (n = 8) – diet without addition of essential oils; CLO (n = 16) – diet with 5,000 mg/animal/day of clove essential oils and CIN (n = 16) – diet with 5,000 mg/animal/day of cinnamon essential oils. After slaughter two-centimeters thick steaks were cut from *longissimus thoracis* and frozen. For the visual analyses steaks were thawed and packaged individually in trays with film and displayed at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ under simulated retail conditions using fluorescent light (1200 lx, 12 h on) in a commercial expositor. Seventeen consumers (8 male and 9 female) evaluated visual acceptability of appearance. Consumers using a 9-point structured hedonic scale (one = dislike extremely to nine = like extremely) to assess the visual acceptability of the meat. The shelf-life of meats was determined by the number of days which samples were assigned with scores higher than 5.0. Each consumer attended two evaluation sessions separated by a two week interval. In the first session consumers evaluated samples directly in a commercial expositor (Trays) and in the second session consumers evaluated correspondent photos of samples in sequential (Sequential) and randomized order (Random). Variance of the scores assigned and its respectively standard deviations were

1 analyzed by GLM model (Tukey 5.0%). Effect of days of display was analyzed with a
2 simple regression. All statistical analyses were performed by the IBM Statistical
3 Package for the Social Science (SPSS). CON diet group resulted on higher scores 6, 7
4 and 8 of display and higher shelf-life than essential oils diets. Trays and Sequential
5 photos scores were similar in the majority of days thus digital images could be used to
6 evaluate color evolution. However random photos resulted in lower scores in the first
7 days and lower decrease in scores than sequential and random photos ($P < 0.05$) from the
8 second to fifth day. When evaluated the standard deviations, Trays and Sequential
9 presented equal or higher deviation than Random in the majority of days. Trays
10 presented a higher fluctuation in the standard deviation through the display period, thus
11 it was concluded that digital images promoted a higher standard situation for
12 evaluations because differences between consumers remained constantly through the
13 eleven days.

14

15 *Keywords:* Colour, clove, cinnamon, images

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

RESUMEN

El color juega un papel importante en la evaluación de la calidad de la carne, especialmente en el momento de la compra. La metodología sensorial tradicional para evaluar la evolución de color de la carne es compleja, cara y requiere un largo periodo para su realización. El uso de fotografías podría ser una alternativa para superar estas dificultades, por lo tanto la validación de este tipo de herramienta se hace necesaria. Por ello, este estudio tuvo como meta comparar la percepción del color por los consumidores por medio de la visualización de la carne fresca directamente sobre un expositor comercial y la visualización de sus correspondientes fotografías. Cuarenta animales Pardo Suizo vs. Nellore (medio hermanos), de 12 meses de edad y un peso corporal medio (BW) de 219 ± 11.7 kg se distribuyeron en un diseño completamente aleatorio en tres grupos, según la dieta: CON (n = 8) - dieta sin la adición de aceites esenciales; (CLO n = 16) - dieta con 5.000 mg / animal / día de aceites esenciales de clavo y CIN (n = 16) - dieta con 5,000 mg / animal / día de aceites esenciales de canela. Después del sacrificio, filetes de dos centímetros de grosor se cortaron del músculo *longissimus thoracis* y fueron congelados. Para la evaluación visual los filetes fueron individualmente envasados en bandejas con film permeable al oxígeno que se almacenaron a $4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ en condiciones comerciales simuladas, utilizando la luz fluorescente (1,200 lx, 12 h encendido). Diecisiete consumidores (8 hombres y 9 mujeres) evaluaron la aceptabilidad visual de apariencia, utilizando una escala hedónica de 9 puntos (uno = no muy aficionado a nueve = como extremadamente aficionado). La vida útil de la carne se determinó por el número de días que las muestras fueron valoradas con notas superiores a 5,0. Cada consumidor participó en dos sesiones de evaluación separadas por un intervalo de dos semanas. En la primera sesión, inmediatamente tras envasado, los consumidores evaluaron las muestras

1 directamente en un expositor comercial (Trays) y en la segunda los consumidores de
2 evaluaron fotografías de las muestras en orden secuencial (Sequential) y en orden
3 aleatorio (Random). Las notas y sus desviaciones estándar respectivas fueron analizadas
4 por el modelo GLM (Tukey 5,0%). El efecto de días de exposición se analizó mediante
5 regresión simple. Todos los análisis estadísticos se realizaron por medio del
6 correspondiente paquete estadístico (IBM para las Ciencias Sociales, SPSS). El grupo
7 CON resultó con mayores puntuaciones, así como con una vida útil más larga, en
8 relación con las dietas de los aceites esenciales. Las notas para Trays y Sequential
9 fueron similares en la mayoría de los días, así que las imágenes digitales podrían ser
10 usadas para evaluar la evolución del color. La metodología aleatoria presentó
11 puntuaciones más bajas en los primeros días y una menor disminución en las
12 puntuaciones, que en la visualización directa y en el método secuencial ($P < 0,05$) entre
13 el segundo y el quinto día. Cuando se evaluaron las desviaciones estándar Trays y
14 Sequential mostraran igual o mayor variación que Randóm, todavía los dos métodos de
15 fotografía mostraran mayor variación en los últimos días. El método Trays también
16 mostró una mayor fluctuación, en la desviación estándar durante los días de exposición,
17 por eso las imágenes digitales promovieron una situación más normalizada para la
18 evaluación visual de la carne, ya que las diferencias entre los consumidores se
19 mantuvieron constantes a través del tiempo que duró la prueba..

20

21 *Palabras claves:* Color, clavo, canela, imágenes

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

I – REVISÃO DE LITERATURA

1. Considerações iniciais sobre a cor da carne bovina

16 A urbanização e aumento da renda são os principais fatores nas mudanças nos
17 padrões de consumo da população. Nas últimas décadas, muitas economias emergentes
18 da Ásia, África e América Latina apresentaram mudanças rápidas e significativas no
19 comportamento do consumo de alimentos (MAZZUCHETTI, 2004). Raízes, tubérculos e
20 grãos foram gradualmente substituídos por alimentos mais nobres como trigo, arroz,
21 açúcar, óleos vegetais, produtos lácteos e carnes (YEARBOOK, 2013). Historicamente, a
22 carne é um produto alimentício bastante apreciado na cultura ocidental, pois é um
23 alimento saboroso e uma excelente fonte de energia e proteína (WOOD et al., 1999;
24 WEBB & O'NEILL, 2008).

25 Satisfazer os consumidores que demandam produtos de qualidade é o grande
26 desafio da indústria de alimentos. Para esta indústria, a qualidade é um conjunto de
27 características que diferenciam um produto dos demais, e que está relacionada à
28 aceitação do produto pelos consumidores (HOCQUETTE et al., 2012; VAN WEZEMAEL et
29 al., 2013), os quais levam em consideração vários fatores como seu valor nutritivo, sua
30 conveniência, seu impacto na saúde e suas características sensoriais (MONSÓN et al.,
31 2005; HOCQUETTE et al., 2011).

32 A avaliação da qualidade da carne pelo consumidor é baseada na satisfação em
33 experiências passadas e que dependem de um conjunto de respostas psicológicas e
34 sensoriais únicas de cada indivíduo (RAMOS & GOMIDE, 2007; VERBEKE et al., 2010;
35 FERNQVIST & EKELUND, 2014). As características sensoriais dos alimentos são o
36 *flavour*, a textura e a aparência. O *flavour* compreende os sentidos do paladar e olfato, a

1 textura compreende o sentido do tato e a aparência (cor, forma, tamanho e brilho)
2 compreende o sentido da visão.

3 A percepção da cor é um dos fatores mais importantes na avaliação da qualidade
4 da carne pelos consumidores (LANARI et al., 1995; RENERRE, 2004; RESCONI et al.,
5 2012). Os consumidores precisam estar primeiramente completamente satisfeitos com
6 as propriedades sensoriais da carne antes de qualquer outra característica de qualidade
7 (valor nutritivo, conveniência, saúde etc.) (CHAMBERS & BOWERS, 1993). No caso da
8 carne vermelha, consumidores relacionam a coloração vermelha brilhante com o
9 frescor, enquanto que discriminam carnes que tornaram a cor mais marrom (HOOD &
10 RIORDAN, 1973; MORRISSEY et al., 1994; VERBEKE et al., 2015).

11 A aparência irá determinar como os consumidores percebem a qualidade da carne
12 influenciando a sua intenção de compra (FAUSTMAN & CASSENS, 1990). No caso da
13 carne bovina, a coloração influencia na intenção de compra mais do que qualquer outro
14 fator (MANCINI & HUNT, 2005), pois é responsável por despertar o desejo de consumir
15 ou rejeitar o produto (CARPENTER et al., 2001). Fato que afeta a aceitação dos
16 consumidores para a carne bovina, os quais estão dispostos a pagar mais por carnes que
17 apresentem coloração mais atrativa para eles (KILLINGER et al., 2004), embora a
18 coloração visível da superfície da carne mude gradualmente durante os dias de
19 armazenamento.

20

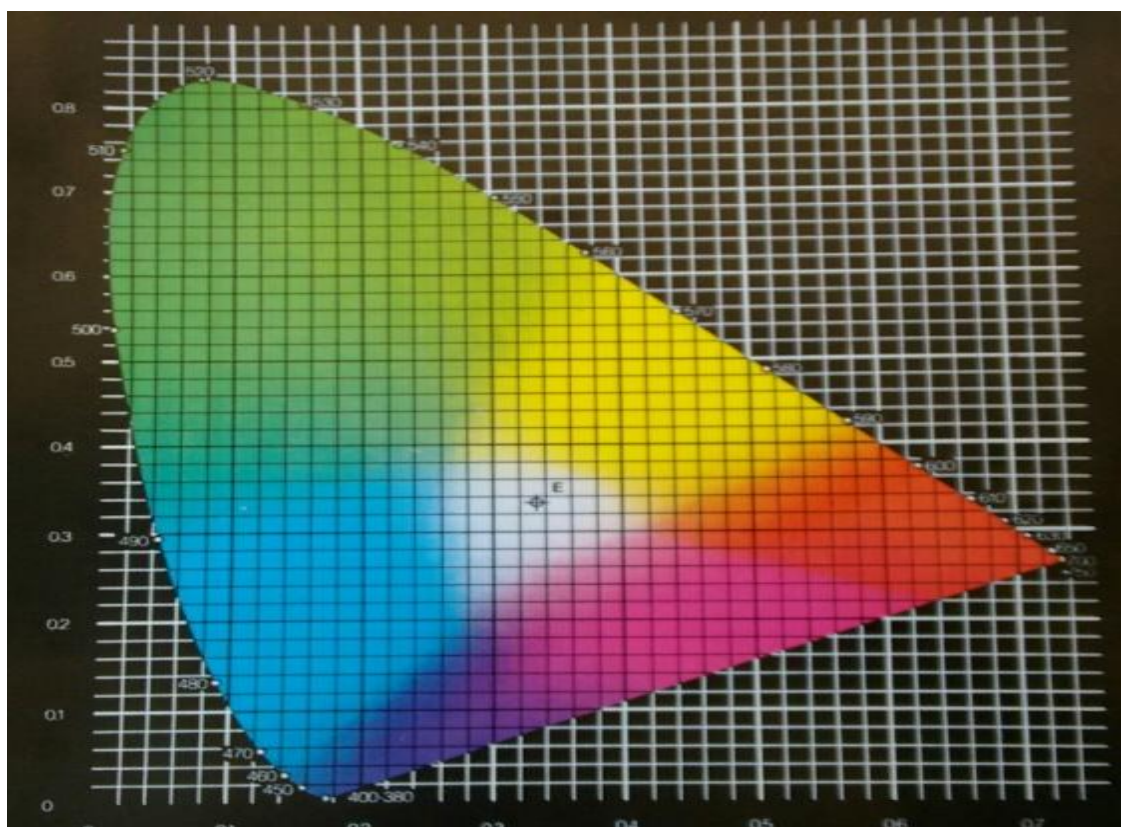
21 **2. Cor e visão na espécie humana**

22 As cores possuem três dimensões: a tonalidade é a dimensão que distingue as
23 famílias das cores (vermelho, verde, azul e amarelo), que é determinada pelas diferenças
24 entre os comprimentos de ondas. A luminosidade é a dimensão que nos permite
25 diferenciar cores mais claras de cores mais escuras. O croma é a dimensão que nos
26 permite observar a intensidade ou grau de saturação das cores (HUNT et al., 1991).
27 Todavia, a percepção da cor irá depender da interação entre uma fonte de luz, um objeto
28 iluminado e um detector, que para os seres vivos são os olhos e o cérebro.

29 A luz é um fenômeno físico, ela é composta de partículas de energia que se
30 movem no espaço com propriedades de ondas, os fótons. A aparência de um alimento
31 irá depender de como a luz atinge a sua superfície, podendo ser transmitida, refletida ou
32 absorvida. Cada objeto reflete e absorve luz em diferentes porções do espectro. A
33 radiação eletromagnética se estende desde as baixas frequências das ondas de rádio às
34 elevadas frequências dos raios gama. Entretanto, os olhos dos seres humanos são

1 sensíveis à radiação a uma banda estreita de comprimentos denominada de espectro
2 visível, que se situa entre 380 a 780 nm (RAMOS & GOMIDE, 2007). O diagrama de
3 cromaticidade da CIE representa cada cor fisicamente visível como pontos em um
4 gráfico e pode representar a gama de todas as cores que podem ser produzidas
5 (LAMMENS, 1994).

6



7

8 **Figura 1.** Diagrama de cromaticidade CIE 1931

9

10 Para detectar e processar as diferentes cores, os olhos e o cérebro trabalham
11 sinergicamente. O olho é composto de duas câmeras que são separadas pela lente, a
12 câmera anterior que é composta da córnea, pupila e íris, e a lente posterior composta
13 pela retina e o nervo óptico (HUNT et al., 1991). O mecanismo da visão se inicia na
14 câmera anterior, com a incidência dos raios luminosos refletidos pelo objeto na córnea.
15 Atrás da córnea, encontra-se a íris e um orifício chamado de pupila, cujo diâmetro é
16 regulado pela constrição e relaxamento da íris, dependendo da intensidade de raios
17 luminosos. Os raios luminosos então serão refratados pela lente ou cristalino e
18 projetados na câmera posterior (RAMOS & GOMIDE, 2007).

Na câmara posterior, a retina irá captar a luz através de dois tipos de fotorreceptores: os cones e os bastonetes, que chegarão ao cérebro através do nervo óptico. Os bastonetes são sensíveis à intensidade luminosa, enquanto os cones são sensíveis apenas em determinados comprimentos de onda. Os sinais captados pelos cones são conduzidos ao cérebro e interpretados como uma cor específica através das combinações das cores básicas: vermelho, verde e azul. Então, a cor de um objeto irá depender da sua capacidade de refletir ou emitir diferentes quantidades de energia capazes de estimular a retina do olho (RAMOS & GOMIDE, 2007).

3. Coloração da carne

A mioglobina, o principal pigmento responsável pela coloração da carne bovina, é uma proteína conjugada que consiste de um grupo prostético (grupo *heme*) ligado a uma molécula de proteína globular (globina). O grupo *heme* possui um átomo de ferro, podendo ser encontrado tanto na sua forma reduzida (ferrosa, Fe^{2+}) ou oxidada (férica Fe^{3+}). A estrutura do grupo *heme* e o estado químico do átomo de ferro são os pontos-chaves do mecanismo de reações da cor sofridas pelos pigmentos da mioglobina.

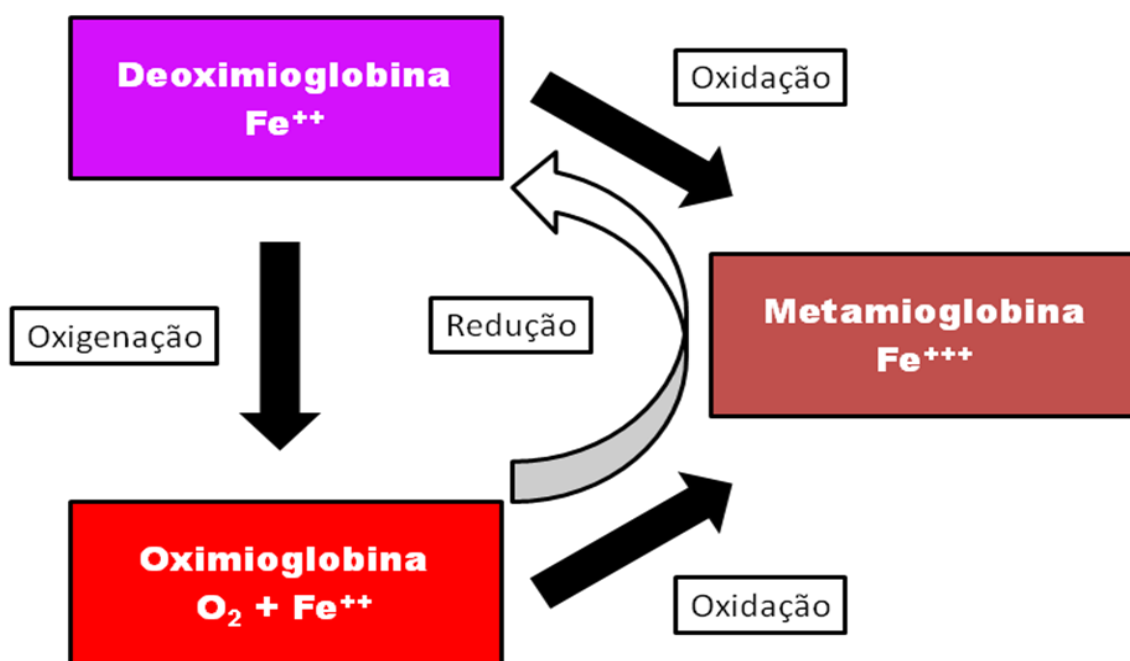


Figura 2. Diagrama da morfologia da mioglobina. Adaptado de MANCINI & HUNT, 2005.

A primeira forma química da mioglobina é a deoximioglobina, que ocorre quando nenhum ligante está presente na sexta coordenada de ligação e o ferro do grupo *heme*

1 está no estado ferroso (Fe^{2+}). Com isso, a mioglobina apresenta uma coloração
2 vermelho-púrpura, que é tipicamente associada à carne embalada à vácuo, ou de
3 músculo que foi imediatamente cortado. De acordo com Brooks (1935), tensões muito
4 baixas de oxigênio (<1.4 milímetros Hg) são necessárias para manter a mioglobina em
5 seu estado desoxigenado.

6 A segunda forma química é a oximioglobina, que ocorre quando a mioglobina é
7 exposta ao oxigênio. Ela é caracterizada pelo desenvolvimento de uma cor vermelho
8 cereja brilhante. Nenhuma mudança na valência do Fe^{2+} ocorre durante a oxigenação,
9 mas o sítio da coordenada seis é agora ocupado pelo oxigênio. Com o aumento da
10 exposição do oxigênio, a oximioglobina encontrada na superfície penetra mais
11 profundamente na carne. A profundidade da penetração de oxigênio e a espessura da
12 camada da oximioglobina dependerão da temperatura da carne, pressão parcial de
13 oxigênio, pH, e a competição por oxigênio por outros processos respiratórios. A terceira
14 forma química encontrada da mioglobina é a metamioglobina, que apresenta uma
15 coloração marrom. A metamioglobina é formada a partir da oxidação de ambos os
16 derivados ferrosos da mioglobina (deoximioglobina e oximioglobina) para ferro férrico
17 (LIVINGSTON & BROWN, 1981); (WALLACE et al., 1982).

18 A reação de redução da metamioglobina é crucial para a manutenção da coloração
19 da carne, a qual irá depender do consumo do oxigênio e do sistema de enzimas
20 redutoras. A redução de oximioglobina superficial da carne é uma reação de duas
21 etapas, pois ela não é convertida diretamente em deoximioglobina, passando primeiro
22 ao estado férrico, em condições com baixas concentrações de oxigênio. A remoção
23 endógena de oxigênio acontece pelo seu próprio consumo pelo músculo, o que acaba
24 resultando em uma oxidação da oximioglobina para metamioglobina. A formação
25 subsequente da deoximioglobina irá depender da quantidade de enzimas redutoras
26 presentes no músculo, capazes de passar o Fe^{3+} para Fe^{2+} (MANCINI & HUNT, 2005).

27 Dentre os três estados da mioglobina, as carnes que apresentam maior intenção de
28 compra são as de coloração vermelha cereja, depois vermelha púrpura e marrom
29 (CARPENTER et al., 2001). Quando a percentagem de metamioglobina atinge 30 a 40%
30 da superfície da carne, a intenção de compra diminui, pois os consumidores associam a
31 cor marrom com carnes de animais velhos ou que foram expostas à venda por muito
32 tempo (GREENE, 1969). Embora a descoloração da carne seja muitas vezes referida
33 como a quantidade de área de superfície coberta por metamioglobina, a superfície da
34 mioglobina também desempenha papel importante na sua aparência. Isso ocorre porque

1 metamioglobina abaixo da superfície localizada entre a oximioglobina superficial e a
2 deoximioglobina interior se engrossa gradualmente e se move para a superfície
3 (MANCINI & HUNT, 2005).

4

5 **4. Fatores que afetam a coloração da carne**

6 A carne é um produto heterogêneo e as diferenças observadas na sua coloração
7 estão envolvidas com inúmeros fatores, sendo os principais responsáveis o pH e a
8 quantidade de mioglobina do músculo (PRIOLO et al., 2001). O pH final da carcaça está
9 fortemente relacionado à coloração e à luminosidade da carne (CORNFORTH & EGBERT,
10 1985). Após a sangria, devido ao cessar da oxigenação e circulação, os ATP's são
11 produzidos por via anaeróbica, transformando glicogênio em ácido lático. A queda
12 normal do pH para abaixo de 6,0 em bovinos irá depender da quantidade de glicogênio
13 no músculo.

14 Em situações de estresse antes do abate, os animais consomem a reserva de
15 glicogênio, resultando no surgimento de carnes DFD (Dark, Firm, Dry). Devido ao alto
16 pH, as proteínas conservam uma grande capacidade de reter água no interior das células,
17 fazendo com que a superfície do músculo permaneça escura (MAGANHINI et al., 2007).
18 Além disso, a cor da carne também pode ser afetada pela interação de valores altos de
19 pH e temperatura, principalmente na carne de suínos. Esta combinação de fatores
20 produz uma desnaturalização parcial das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas,
21 podendo ocorrer a adsorção da mioglobina a outros elementos proteicos, causando um
22 aumento na reflexão da luz, que resulta em um aspecto pálido da carne característico do
23 PSE (Palid, Soft, Exudative) (KAUFFMAN et al., 1994).

24 O tecido muscular é composto basicamente por três tipos de fibras musculares:
25 oxidativas de contração lenta (Tipo I, vermelhas e aeróbicas), as glicolíticas de
26 contração rápida (Tipo II A, brancas, anaeróbicas) e as intermediárias de contração
27 rápida (Tipo II B, oxidativas glicolíticas). As fibras vermelhas de contração lenta e
28 metabolismo oxidativo são capazes de melhorar a aceitabilidade da cor da carne, pois
29 aumenta o nível de pigmento vermelho devido à maior quantidade de mioglobina
30 (HENCKEL et al., 1997). Todavia, a estabilidade da cor está inversamente relacionada ao
31 potencial oxidativo do músculo, principalmente no caso dos bovinos (RENERRE, 1984).
32 Fibras musculares que apresentam baixas taxas de consumo de oxigênio permitem que o
33 mesmo penetre mais profundamente, proporcionando uma maior estabilidade na cor da
34 carne (MCKENNA et al., 2005). Por isso, um aumento na proporção de fibras

1 predominantemente glicolíticas (brancas) pode apresentar um efeito benéfico sobre a
2 estabilidade da cor da carne, pois apresentam uma menor taxa de consumo de oxigênio
3 (LEFAUCHEUR, 2010).

4 O tipo de fibra no músculo irá depender do tipo de atividade que este realiza.
5 Quando os músculos são mais exigidos, eles apresentam uma maior quantidade de
6 mioglobina, aumentando a proporção de fibras vermelhas entre as fibras brancas
7 (SAÑUDO et al., 1996). Animais alimentados em sistemas extensivos apresentam a carne
8 mais escura do que quando confinados, pois estes demandam uma maior atividade da
9 musculatura devido ao ato de pastejo (MUIR et al., 1998a) (VESTERGAARD et al., 2000).

10 A carne é um produto altamente propenso à contaminação de micro-organismos,
11 uma vez que ela é rica em nutrientes. A deterioração da carne pelos micro-organismos é
12 acelerada por fatores como o pH e atividade de água. De maneira geral, a carne fresca
13 apresenta atividade de água acima de 0.85 e pH propício para crescimento de micro-
14 organismos (5,0 a 7,0) (JAYASENA & JO, 2013). As bactérias são os principais micro-
15 organismos que atuam na deterioração da carne, decompondo proteínas e lipídios e
16 produzindo características indesejáveis como *off-flavours*, defeitos na textura e
17 descoloração da carne (BORCH et al., 1996).

18 Segundo Kerry et al. (1998), a incorporação de antioxidantes às membranas
19 celulares pode retardar o processo oxidativo da hemoglobina, aumentando o tempo de
20 prateleira. Os antioxidantes atuam na captação dos radicais livres formados pela
21 oxidação lipídica, retardando o processo de conversão do pigmento vermelho da carne
22 (oximioglobina) para o pigmento marron (metamioglobina) (HAYES et al., 2009). A
23 vitamina E possui propriedades antioxidantes capazes de reduzir tanto a oxidação
24 lipídica quanto a oxidação da mioglobina, quando testadas em carnes embaladas em
25 bandejas com papel filme, em embalagens com atmosfera modificada e em embalagens
26 à vácuo (BUYS et al., 2000; NASSU et al., 2012).

27 Os óleos essenciais são aditivos orgânicos que possuem atividade antioxidante,
28 pois apresentam compostos fenólicos capazes de interceptar e neutralizar os radicais
29 livres responsáveis pelo processo oxidativo (HUI, 1996). Os extratos de óleos essenciais
30 são metabólitos secundários, podendo ser extraídos de várias partes de uma planta,
31 incluindo folhas, flores, sementes, raízes e cascas (BENCHAAR et al., 2008). Além disso,
32 os óleos essenciais possuem um efeito direto sobre os micro-organismos responsáveis
33 pela fermentação ruminal, agindo no controle de patógenos pela atividade

1 antimicrobiana, atuando na estrutura da parede celular bacteriana, desnaturando e
2 coagulando as proteínas (DORMAN & DEANS, 2000).

3 O tempo de maturação é muito importante na coloração da carne (GUERRERO et
4 al., 2013), pois com o passar do tempo aumenta-se a oxidação lipídica, resultando em
5 uma redução da reserva de água nas miofibrilas e conseqüentemente um aumento na
6 perda de água na carne (HUFF-LONERGAN & LONERGAN, 2005) o que ocasiona um
7 aumento da luminosidade. Alguns trabalhos têm mostrado que adição de compostos
8 naturais, como própolis, não alteram a coloração da carne (MUIR et al., 1998b;
9 ZAWADZKI et al., 2011). Todavia, dependendo da dosagem utilizada na suplementação
10 de bovinos de corte com óleos essenciais, a intensidade de vermelho ao longo de 14 dias
11 de maturação pode aumentar (RIVAROLI et al., 2016). De acordo com estes autores, os
12 óleos essenciais poderiam ter diminuído a taxa de consumo de oxigênio, o que resultaria
13 em uma maior quantidade de oxigênio na superfície e uma maior estabilidade da cor da
14 carne (RENERRE & LABAS, 1987).

15 O eugenol e cinamaldeído são os compostos aromáticos mais importantes
16 encontrados nos óleos essenciais de cravo e canela, e são amplamente utilizados na
17 medicina humana, por ser um potente antioxidante, e apresentar propriedades
18 antibacterianas e fungicidas (HART et al., 2008). Estes óleos quando adicionados
19 diretamente na carne diminuiriam consideravelmente o crescimento de bactérias
20 responsáveis pela deterioração da carne (OUATTARA et al., 1997).

21 Embora a utilização de óleos essenciais diretamente na carne aumente a vida de
22 prateleira, dependendo de sua concentração e composto, a aceitação pelos consumidores
23 pode diminuir quando avaliados sensorialmente (CHOULIARA et al., 2007). Por isso,
24 uma alternativa para aumentar vida de prateleira da carne é o fornecimento destes
25 compostos na dieta dos animais, por ser uma das vias mais eficazes para inibição da
26 oxidação lipídica da gordura animal.

27 O uso de antioxidantes, como a vitamina E, na dieta de ruminantes aumenta o
28 tempo de prateleira da carne em até 5 dias, sem o comprometimento microbiológico
29 (GRAY et al., 1996). Todavia, existem poucos estudos sobre a adição de óleos essenciais
30 na dieta de animais domésticos como também muitas divergências nos seus resultados
31 sobre seu efeito na qualidade de carne. Smeti et al. (2013), ao fornecer 0,06% de óleo
32 essencial de alecrim na dieta de cordeiros, não observaram diferenças na oxidação
33 lipídica e na descoloração da carne. Entretanto, quando doses diárias de óleo essencial
34 de orégano foram adicionadas na dieta de frangos de corte, observou-se uma menor

1 oxidação lipídica (BOTSOGLOU et al., 2002). Segundo Rivaroli et al. (2016), a
2 suplementação de bovinos terminados em confinamento com 3,5 e 7,0 g de um mix de
3 óleos essenciais à base de orégano, alho, limão, alecrim, tomilho, eucalipto e laranja
4 doce resultou em uma menor oxidação lipídica na carne de animais alimentados com
5 3,5 g /animal dia do que na carne de animais alimentados com 7,0 g/ animal dia e
6 animais alimentados sem adição óleos essências na dieta.

7

8 **5. Métodos de avaliação da cor da carne**

9 A determinação da cor da carne pode ser feita instrumentalmente com diversos
10 tipos de aparelhos. A natureza e a quantidade de informação que um instrumento de
11 avaliação da cor é capaz de gerar dependerão da forma de captação da luz refratada. Os
12 instrumentos podem ser classificados nos que captam apenas um tipo de luz, como os
13 espectrofotômetros, que são capazes de mensurar o espectro de refletância. Instrumentos
14 que usam três ou quatro tipos de luzes são chamados de colorímetros (HUNT et al.,
15 1991).

16 Cada instrumento oferece uma gama de opções que variam desde o sistema de
17 coloração (Hunter, CIE, tristimulus) até ao tipo de iluminante (A, C, D65 e Ultralume)
18 (MANCINI & HUNT, 2005). Todavia, os mesmos autores afirmam que as coordenadas
19 L^* , a^* e b^* do sistema de espaço CIELAB constitui uma das metodologias mais
20 difundidas para determinar a coloração da carne. A coordenada L^* representa a
21 claridade ou luminosidade e é o atributo da percepção visual, cujos valores variam de 0
22 (negro) a 100 (branco). No caso da carne suína, o valor de L^* é muito utilizado para
23 prever carnes pálidas, brancas e exudativas (PSE) (BREWER et al., 2001a). A
24 coordenada a^* representa a oposição entre as cores vermelho e verde, sendo os valores
25 positivos correspondentes à cor vermelha e os valores negativos à cor verde, enquanto
26 que a coordenada b^* representa a oposição entre as cores azul e amarelo, sendo os
27 valores positivos ao amarelo e os negativos ao azul. A coordenada a^* está fortemente
28 correlacionada com o conteúdo de pigmentos hemes e o estado químico da mioglobina,
29 já a coordena b^* se associa positivamente com a atividade glicolítica e a palidez
30 muscular (MEADUS & MACINNIS, 2000; MANCINI & HUNT, 2005).

31 Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados ao se comparar resultados entre
32 carcaças e experimentos, pois o tipo de iluminante, amostra ou instrumento pode
33 influenciar na medida da cor. Por isso, para que os pesquisadores possam fazer
34 comparações, as amostras devem estar em situações padronizadas, por exemplo o tempo

1 de *blooming*, ou seja, o tempo em que a carne é oxigenada deve ser o mesmo (BREWER
2 et al., 2001b).

3 Além da avaliação da cor por meio de instrumentos, a análise da aceitação visual
4 por consumidores também pode ser realizada. A análise instrumental é mais acurada,
5 rápida e de mais fácil realização, entretanto elas expressam os resultados de cor em
6 coordenadas espaciais, que não proporciona uma medida de preferência dos
7 consumidores. A aceitação visual está mais relacionada com a avaliação dos
8 consumidores; entretanto ela é complexa, cara e demanda muito tempo para sua
9 realização (AMSA, 2012).

10 A percepção da cor é muito dependente do observador, pois é o resultado de um
11 complexo processo de interpretação sensorial, não sendo somente um estímulo e
12 resposta. Por isso, é muito importante saber o valor relativo entre os métodos objetivos
13 de medição da cor com o julgamento subjetivo da aceitação da cor (VERBEKE et al.,
14 1999). A análise visual é uma ferramenta muito importante para determinação da
15 aceitação da carne, pois existe uma forte correlação entre cor e intenção de compra, uma
16 vez que os consumidores conseguem discriminar carnes vermelhas cereja de carnes
17 vermelhas púrpura e de carnes marrons (CARPENTER et al., 2001). Além disso, ao
18 utilizar-se da análise visual, consumidores conseguiram detectar diferenças entre
19 lombos suínos com pouca, média e alta quantidade de gordura entremeada,
20 caracterizando os lombos mais marmorizados como mais claros, mais gordos, e com
21 aparência menos aceitável (BREWER et al., 2001b).

22 O'sullivan et al. (2003) observaram que ao utilizar um grupo de painelistas
23 treinados em uma análise visual, os avaliadores foram capazes de diferenciar carne de
24 suínos alimentados com diferentes dietas durante os dias de exposição (0, 1, 3 e 5),
25 como também foram mais efetivos em avaliar a qualidade da cor quando comparados
26 com métodos instrumentais determinados por um colorímetro Minolta. Os mesmos
27 autores afirmaram que o uso da análise visual de produtos cárnicos podem ser
28 realizados de maneira efetiva, sem treinamentos, quando os produtos ou a cor dos
29 produtos são familiares aos avaliadores.

30

31 **6. Uso de imagens na avaliação da cor**

32 Um dos maiores problemas nas avaliações de coloração está na elaboração de
33 novas metodologias para obtenção de informações que sejam significativas, que possam
34 comparar e melhorar os produtos (GIROLAMI et al., 2013). Estas dificuldades podem ser

1 superadas através da avaliação da cor por meio de fotografias, pois em um sistema de
2 inspeção visual computadorizado, uma imagem e um computador com um software
3 podem realizar diversos objetivos pré-definidos, por isso a sua utilização poderia gerar
4 resultados mais consistentes de maneira eficiente (LU et al., 2000).

5 A utilização de imagens vem se tornando uma alternativa bastante promissora
6 para avaliação da qualidade de carne. Quando comparadas com métodos instrumentais
7 de determinação da cor, O'sullivan et al. (2003) observaram que fotografias
8 apresentaram diversas vantagens, como a redução do número de amostras, melhor
9 observação das variações no estado redox da mioglobina superficial e que os resultados
10 poderiam ser convertidos para diferentes sistemas de coloração (Hunter, CIE, XYZ).

11 Análises com fotografias já foram realizadas com um grupo de painel treinado
12 para prever a coloração de diferentes lombos suínos (LU et al., 2000). Estes autores
13 encontraram uma forte correlação entre os escores dos painelistas com os escores
14 calculados por um modelo estatístico. Quando fotografias foram utilizadas com
15 consumidores, estes foram capazes de distinguir colorações de carnes antes e depois do
16 processo de blooming (BRUGIAPAGLIA & DESTEFANIS, 2009). Além disso,
17 consumidores foram capazes de avaliar diferentes graus de cozimento por meio de
18 fotografias, da mesma forma quando avaliaram a carne diretamente (CHAN et al., 2013).

19 O método tradicional para avaliação da aceitação visual da carne bovina (PRADO
20 et al., 2015) possui algumas dificuldades na sua realização, pois demanda um longo
21 período, dentro do qual os avaliadores devem comparecer todos os dias para avaliação.
22 Além disso, neste método os avaliadores possuem uma informação adicional sobre o
23 tempo, que na prática os consumidores não possuem na hora da compra. Uma das
24 maiores vantagens da sua utilização com consumidores é a sua repetibilidade, podendo
25 ser usada para avaliar a aceitação de consumidores de diversos lugares no mundo
26 (NGAPO et al., 2004; 2007) e em diversos momentos. A utilização de fotografias
27 apresenta-se como uma alternativa promissora e, por essa razão, como primeiro passo
28 torna-se necessária a validação da sua utilização na redução dos efeitos causados pelas
29 diferenças observadas entre consumidores, para sua utilização como método alternativo
30 à avaliação direta sobre o produto.

31

1 7. Literatura citada

- 2 AMSA. **Meat color measurement guidelines**. ASSOCIATION, A. M. S. Savoy, IL:
3 National Livestock and Meat Board: 48 p. 2012.
- 4 BENCHAAAR, C.; CALSAMIGLIA, S.; CHAVES, A. V.; FRASER, G. R.;
5 COLOMBATTO, D.; MCALLISTER, T. A.; BEAUCHEMIN, K. A. A review
6 of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal**
7 **Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1-4, p. 209-228, 2008.
- 8 BORCH, E.; KANT-MUERMANS, M.-L.; BLIXT, Y. Bacterial spoilage of meat and
9 cured meat products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 33, n. 1,
10 p. 103-120, 1996.
- 11 BOTSOGLOU, N.; CHRISTAKI, E.; FLETOURIS, D.; FLOROU-PANERI, P.; SPAIS,
12 A. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and
13 cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, v. 62, n. 2, p. 259-
14 265, 2002.
- 15 BREWER, M.; ZHU, L.; BIDNER, B.; MEISINGER, D.; MCKEITH, F. Measuring
16 pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental
17 parameters. **Meat Science**, v. 57, n. 2, p. 169-176, 2001a.
- 18 BREWER, M.; ZHU, L.; MCKEITH, F. Marbling effects on quality characteristics of
19 pork loin chops: consumer purchase intent, visual and sensory characteristics.
20 **Meat Science**, v. 59, n. 2, p. 153-163, 2001b.
- 21 BROOKS, J. The oxidation of haemoglobin to methaemoglobin by oxygen. II.-The
22 relation between the rate of oxidation and the partial pressure of oxygen.
23 **Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, v.
24 118, n. 811, p. 560-577, 1935.
- 25 BRUGIAPAGLIA, A.; DESTEFANIS, G. Sensory evaluation of meat colour using
26 photographs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, n. 2s, p. 480-482, 2009.
- 27 BUYS, E. M.; NORTJÉ, G. L.; JOOSTE, P. J.; VON HOLY, A. Combined effect of
28 modified atmosphere bulk packaging, dietary vitamin E supplementation and
29 microbiological contamination on colour stability of *Musculus gluteus medius*.
30 **Meat Science**, v. 55, n. 4, p. 403-411, 2000.
- 31 CARPENTER, C. E.; CORNFORTH, D. P.; WHITTIER, D. Consumer preferences for
32 beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, v. 57,
33 n. 4, p. 359-363, 2001.
- 34 CHAMBERS, E.; BOWERS, J. Consumer perception of sensory qualities in muscle
35 foods. **Food technology (USA)**, 1993.
- 36 CHAN, S. H.; MOSS, B. W.; FARMER, L. J.; GORDON, A.; CUSKELLY, G. J.
37 Comparison of consumer perception and acceptability for steaks cooked to
38 different endpoints: Validation of photographic approach. **Food Chemistry**, v.
39 136, n. 3-4, p. 1597-1602, 2013.
- 40 CHOULIARA, E.; KARATAPANIS, A.; SAVVAIDIS, I. N.; KONTOMINAS, M. G.
41 Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on
42 shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 C. **Food**
43 **Microbiology**, v. 24, n. 6, p. 607-617, 2007.
- 44 CORNFORTH, D. P.; EGBERT, W. R. Effect of rotenone and pH on the color of
45 pre-rigor muscle. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 1, p. 34-35, 1985.
- 46 DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial
47 activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 2, p.
48 308-316, 2000.
- 49 FAUSTMAN, C.; CASSENS, R. G. The biochemical basis for discoloration in fresh
50 meat: a review. **Journal of Muscle Foods**, v. 1, n. 3, p. 217-243, 1990.

- 1 FERNQVIST, F.; EKELUND, L. Credence and the effect on consumer liking of food –
2 A review. **Food Quality and Preference**, v. 32, n. 1, p. 340-353, 2014.
- 3 GIROLAMI, A.; NAPOLITANO, F.; FARAONE, D.; BRAGHIERI, A. Measurement
4 of meat color using a computer vision system. **Meat Science**, v. 93, n. 1, p. 111-
5 118, 2013.
- 6 GRAY, J.; GOMAA, E.; BUCKLEY, D. Oxidative quality and shelf life of meats.
7 **Meat Science**, v. 43, p. 111-123, 1996.
- 8 GREENE, B. E. Lipid oxidation and pigment changes in raw beef. **Journal of Food**
9 **Science**, v. 34, n. 2, p. 110-113, 1969.
- 10 GUERRERO, A.; SAÑUDO, C.; ALBERTÍ, P.; RIPOLL, G.; CAMPO, M. M.;
11 OLLETA, J. L.; PANEA, B.; KHLIJI, S.; SANTOLARIA, P. Effect of
12 production system before the finishing period on carcass, meat and fat qualities
13 of beef. **Animal**, v. 7, n. 12, p. 2063-2072, 2013.
- 14 HART, K. J.; YÁÑEZ-RUIZ, D. R.; DUVAL, S. M.; MCEWAN, N. R.; NEWBOLD,
15 C. J. Plant extracts to manipulate rumen fermentation. **Animal Feed Science**
16 **and Technology**, v. 147, n. 1–3, p. 8-35, 2008.
- 17 HAYES, J.; STEPANYAN, V.; ALLEN, P.; O'GRADY, M.; O'BRIEN, N.; KERRY, J.
18 The effect of lutein, sesamol, ellagic acid and olive leaf extract on lipid
19 oxidation and oxymyoglobin oxidation in bovine and porcine muscle model
20 systems. **Meat Science**, v. 83, n. 2, p. 201-208, 2009.
- 21 HENCKEL, P.; OKSBJERG, N.; ERLANDSEN, E.; BARTON-GADE, P.;
22 BEJERHOLM, C. Histo- and biochemical characteristics of the longissimus
23 dorsi muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality.
24 **Meat Science**, v. 47, n. 3, p. 311-321, 1997.
- 25 HOCQUETTE, J.-F.; BOTREAU, R.; PICARD, B.; JACQUET, A.; PETHICK, D. W.;
26 SCOLLAN, N. D. Opportunities for predicting and manipulating beef quality.
27 **Meat Science**, v. 92, n. 3, p. 197-209, 2012.
- 28 HOCQUETTE, J. F.; LEGRAND, I.; JURIE, C.; PETHICK, D. W.; MICOL, D.
29 Perception in France of the Australian system for the prediction of beef quality
30 (Meat Standards Australia) with perspectives for the European beef sector.
31 **Animal Production Science**, v. 51, n. 1, p. 30-36, 2011.
- 32 HOOD, D. E.; RIORDAN, E. B. Discolouration in pre-packaged beef: Measurement by
33 reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. **International**
34 **Journal of Food Science & Technology**, v. 8, n. 3, p. 333-343, 1973.
- 35 HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of
36 meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat**
37 **Science**, v. 71, n. 1, p. 194-204, 2005.
- 38 HUI, Y. H. Oleoresins and essential oils. **Bailey's industrial oil and fat products. New**
39 **York: Wiley-Interscience Publication**, v. 6, p. 145-153, 1996.
- 40 HUNT, M.; ACTON, J.; BENEDICT, R.; CALKINS, C.; CORNFORTH, D.;
41 JEREMIAH, L.; OLSON, D.; SALM, C.; SAVELL, J.; SHIVAS, S. Guidelines
42 for meat color evaluation. **American Meat Science Association**, 1991.
- 43 JAYASENA, D. D.; JO, C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and
44 meat products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 34, n. 2, p.
45 96-108, 2013.
- 46 KAUFFMAN, R. G.; MARSH, B. B.; PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S.
47 Características de calidad del músculo como alimento. **Ciencia de la Carne y**
48 **de los Productos Carnicos**, v. 2, p. 317-336, 1994.
- 49 KERRY, J.; BUCKLEY, D.; MORRISSEY, P.; O'SULLIVAN, K.; LYNCH, P.
50 Endogenous and exogenous α -tocopherol supplementation: effects on lipid

- 1 stability (TBARS) and warmed-over flavour (WOF) in porcine *M. longissimus*
2 dorsi roasts held in aerobic and vacuum packs. **Food Research International**,
3 v. 31, n. 3, p. 211-216, 1998.
- 4 KILLINGER, K.; CALKINS, C. R.; UMBERGER, W.; FEUZ, D. M.; ESKRIDGE, K.
5 M. Consumer visual preference and value for beef steaks differing in marbling
6 level and color. **Journal of animal science**, v. 82, n. 11, p. 3288-3293, 2004.
- 7 LAMMENS, J. M. G. **A computational model of color perception and color naming**.
8 1994. 254 (PhD). Faculty of the Graduate School, State University of New
9 York, New York.
- 10 LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M.; CASSENS, R. G.; SCHELLER, K. K.
11 Atmosphere and blooming time affect color and lipid stability of frozen beef
12 from steers supplemented with Vitamin E. **Meat Science**, v. 40, n. 1, p. 33-44,
13 1995.
- 14 LEFAUCHEUR, L. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. **Meat**
15 **Science**, v. 84, n. 2, p. 257-270, 2010.
- 16 LIVINGSTON, D. J.; BROWN, W. D. The chemistry of myoglobin and its reactions
17 [Meat pigments, food quality indices]. **Food Technology**, 1981.
- 18 LU, J.; TAN, J.; SHATADAL, P.; GERRARD, D. E. Evaluation of pork color by using
19 computer vision. **Meat Science**, v. 56, n. 1, p. 57-60, 2000.
- 20 MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.;
21 SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD
22 (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e**
23 **Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 69-72, 2007.
- 24 MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71,
25 n. 1, p. 100-121, 2005.
- 26 MAZZUCHETTI, R. N. O comportamento do consumidor em relação ao consumo e às
27 estruturas de comercialização da carne bovina na região de Amerios/PR. **Varia**
28 **Scientia**, v. 4, n. 7, p. 9-23, 2004.
- 29 MCKENNA, D. R.; MIES, P. D.; BAIRD, B. E.; PFEIFFER, K. D.; ELLEBRACHT, J.
30 W.; SAVELL, J. W. Biochemical and physical factors affecting discoloration
31 characteristics of 19 bovine muscles. **Meat Science**, v. 70, n. 4, p. 665-682,
32 2005.
- 33 MEADUS, W. J.; MACINNIS, R. Testing for the RN– gene in retail pork chops. **Meat**
34 **Science**, v. 54, n. 3, p. 231-237, 2000.
- 35 MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of breed and ageing time on the
36 sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef.
37 **Meat Science**, v. 71, n. 3, p. 471-479, 2005.
- 38 MORRISSEY, P. A.; BUCKLEY, D. J.; SHEEHY, P. J. A.; MONAHAN, F. J. Vitamin
39 E and meat quality. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 53, n. 2, p. 289-
40 295, 1994.
- 41 MUIR, P.; SMITH, N.; WALLACE, G.; CRUICKSHANK, G.; SMITH, D. The effect
42 of short-term grain feeding on liveweight gain and beef quality. **New Zealand**
43 **Journal of Agricultural Research**, v. 41, n. 4, p. 517-526, 1998a.
- 44 MUIR, P. D.; DEAKER, J. M.; BOWN, M. D. Effects of forage-and grain-based
45 feeding systems on beef quality: A review. **New Zealand Journal of**
46 **Agricultural Research**, v. 41, n. 4, p. 623-635, 1998b.
- 47 NASSU, R. T.; UTTARO, B.; AALHUS, J. L.; ZAWADSKI, S.; JUÁREZ, M.;
48 DUGAN, M. E. R. Type of packaging affects the colour stability of vitamin E
49 enriched beef. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1868-1872, 2012.

- 1 NGAPO, T. M.; MARTIN, J. F.; DRANSFIELD, E. Consumer choices of pork chops:
2 results from three panels in France. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 4,
3 p. 349-359, 2004.
- 4 NGAPO, T. M.; MARTIN, J. F.; DRANSFIELD, E. International preferences for pork
5 appearance: II. Factors influencing consumer choice. **Food Quality and**
6 **Preference**, v. 18, n. 1, p. 139-151, 2007.
- 7 O'SULLIVAN, M. G.; BYRNE, D. V.; MARTENS, H.; GIDSKEHAUG, L. H.;
8 ANDERSEN, H. J.; MARTENS, M. Evaluation of pork colour: prediction of
9 visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods
10 of colour analysis. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 909-918, 2003.
- 11 OUATTARA, B.; SIMARD, R. E.; HOLLEY, R. A.; PIETTE, G. J. P.; BÉGIN, A.
12 Antibacterial activity of selected fatty acids and essential oils against six meat
13 spoilage organisms. **International Journal of Food Microbiology**, v. 37, n. 2-
14 3, p. 155-162, 1997.
- 15 PRADO, I. N.; CAMPO, M. M.; MUELA, E.; VALERO, M. V.; CATALAN, O.;
16 OLLETA, J. L.; SAÑUDO, C. Effects of castration age, protein level and
17 lysine/methionine ratio in the diet on colour, lipid oxidation, and meat
18 acceptability of intensively reared Friesian steers. **Animal**, v. 9, n. 8, p. 1423-
19 1430, 2015.
- 20 PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant
21 meat colour and flavour. A review. **Animal Research**, v. 50, n. 3, p. 185-200,
22 2001.
- 23 RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamento**
24 **e metodologias**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v.1, 2007.
- 25 RENERRE, M. Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur
26 des viandes bovines. **Sciences des Aliments**, 1984.
- 27 RENERRE, M. La couleur de la viande et sa mesure. **INRA**, v. 1, p. 63-68, 2004.
- 28 RENERRE, M.; LABAS, R. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation
29 in beef muscles. **Meat Science**, v. 19, n. 2, p. 151-165, 1987.
- 30 RESCONI, V. C.; ESCUDERO, A.; BELTRÁN, J. A.; OLLETA, J. L.; SAÑUDO, C.;
31 CAMPO, M. M. Color, lipid oxidation, sensory quality, and aroma compounds
32 of beef steaks displayed under different levels of oxygen in a modified
33 atmosphere package. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 1, p. S10-S18, 2012.
- 34 RIVAROLI, D. C.; GUERRERO, A.; VALERO, M. M.; ZAWADZKI, F.; EIRAS, C.
35 E.; CAMPO, M. M.; SAÑUDO, C.; JORGE, A. M.; PRADO, I. N. Effect of
36 essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in
37 feedlot. **Meat Science**, v. in press, 2016.
- 38 SAÑUDO, C.; SANTOLARIA, M. P.; MARÍA, G.; OSÓRIO, M. T.; SIERRA, I.
39 Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in
40 intensive production systems. **Meat Science**, v. 42, n. 2, p. 195-202, 1996.
- 41 SMETI, S.; ATTI, N.; MAHOUACHI, M.; MUNOZ, F. Use of dietary rosemary
42 (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils to increase the shelf life of Barbarine
43 light lamb meat. **Small Ruminant Research**, v. 113, n. 2-3, p. 340-345, 2013.
- 44 VAN WEZEMAEL, L.; DE SMET, S.; UELAND, O.; VERBEKE, W. Relationships
45 between sensory evaluations of beef tenderness, shear force measurements and
46 consumer characteristics. **Meat Science**, n. 0, 2013.
- 47 VERBEKE, W.; MARCU, A.; RUTSAERT, P.; GASPARD, R.; SEIBT, B.; FLETCHER,
48 D.; BARNETT, J. Would you eat cultured meat?: Consumers' reactions and
49 attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. **Meat Science**,
50 v. 102, p. 49-58, 2015.

- 1 VERBEKE, W.; VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; VIAENE, J.; BOUCQUE,
2 C. V. Consumer perception, facts and possibilities to improve acceptability of
3 health and sensory characteristics of pork. **Meat science**, v. 53, n. 2, p. 77-99,
4 1999.
- 5 VERBEKE, W.; VAN WEZEMAEL, L.; BARCELLOS, M. D.; KÜGLER, J. O.;
6 HOCQUETTE, J. F.; UELAND, Ø.; GRUNERT, K. G. European beef
7 consumers' interest in a beef eating-quality guarantee. Insights from a qualitative
8 study in four EU countries. **Appetite**, v. 54, n. 2, p. 289-296, 2010.
- 9 VESTERGAARD, M.; OKSBJERG, N.; HENCKEL, P. Influence of feeding intensity,
10 grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of
11 (*semitendinosus*, *longissimus dorsi*) and (*supraspinatus*) muscles of young bulls.
12 **Meat Science**, v. 54, n. 2, p. 177-185, 2000.
- 13 WALLACE, W. J.; HOUTCHENS, R. A.; MAXWELL, J. C.; CAUGHEY, W. S.
14 Mechanism of autooxidation for hemoglobins and myoglobins. Promotion of
15 superoxide production by protons and anions. **Journal of Biological Chemistry**,
16 v. 257, n. 9, p. 4966-4977, 1982.
- 17 WEBB, E. C.; O'NEILL, H. A. The animal fat paradox and meat quality. **Meat**
18 **Science**, v. 80, n. 1, p. 28-36, 2008.
- 19 WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.;
20 SHEARD, P. R. Manipulating meat quality and composition. **Proceedings of**
21 **the Nutrition Society**, v. 58, n. 02, p. 363-370, 1999.
- 22 YEARBOOK, F. S. World food and agriculture. **Food and Agriculture Organization**
23 **of the United Nations, Rome**, 2013.
- 24 ZAWADZKI, F.; PRADO, I. N.; MARQUES, J. A.; ZEOULA, L. M.; ROTTA, P. P.;
25 SESTARI, B. B.; VALERO, M. V.; RIVAROLI, D. C. Sodium monensin or
26 propolis extract in the diets of feedlot-finished bulls: effects on animal
27 performance and carcass characteristics. **Journal of Animal and Feed Sciences**,
28 v. 20, n. 1, p. 16-25, 2011.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

II - OBJETIVOS

14 O objetivo deste estudo foi comparar o uso de fotografias na análise sensorial da
15 cor da carne de bovinos terminados em confinamento com ou sem adição de óleo
16 essencial de cravo e de canela, com o sistema de avaliação clássico (avaliação da cor da
17 carne em vitrine).

18 Mais especificamente, objetivou-se então comparar o método clássico com o
19 método de fotografias que foram apresentadas de duas maneiras: com os dias em ordem
20 sequencial e com os dias misturados aleatoriamente, através dos escores de aceitação
visual e seus respectivos desvios para cada uma das três dietas ofertadas.

1 III - VALIDATION OF PHOTOGRAPHS USAGE TO EVALUATE 2 MEAT VISUAL ACCEPTABILITY OF BULLS FINISHED IN 3 FEEDLOT FED WITH OR WITHOUT ESSENTIAL OILS 4

5 ABSTRACT

6 Forty ½ Brown Swiss x ½ Nellore crossbred bulls were distributed into three
7 experimental groups: CON – diet without addition of essential oils; CLO – diet with 5
8 g/animal/day of clove essential oils and CIN– diet with 5 g/animal/day of cinnamon
9 essential oils to evaluate three methodologies of visual acceptability: with steaks
10 directly in Trays and Sequential and Random photos. Seventeen consumers evaluated
11 visual appearance of meat using a 9-point structured hedonic scale. CON group
12 presented higher shelf-life than essential oils groups. Trays and Sequential scores were
13 similar in the majority of days; thus digital images could be used to evaluate colour
14 evolution. However, Random photos resulted in lower scores and slower acceptability
15 decrease than Trays and Sequential photos ($P<0.05$) among the second and fifth day of
16 display. Random photos presented a lower and more constantly standard deviation than
17 Trays and Sequential photos ($P<0.01$) indicating that this methodology promoted a
18 higher standard situation for meat colour evaluation.

19
20 *Keywords:* Meat colour, acceptability methodology, clove, cinnamon
21

22 **1. Introduction**

23
24 Colour perception plays a major role in consumer evaluation of meat quality especially
25 during purchasing ([Lanari, Schaefer, Cassens, & Scheller, 1995](#); [Mancini & Hunt, 2005](#);
26 [Troy & Kerry, 2010](#)). In red meats, consumers relate the bright red colour to freshness,
27 discriminating against meat that has turned brown ([Hood & Riordan, 1973](#); [Morrissey,](#)
28 [Buckley, Sheehy, & Monahan, 1994](#)). The relative proportions of the three myoglobin
29 forms deoxymyoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin affect the hue value of fresh
30 meat ([Mancini & Hunt, 2005](#)). Appearance determines how consumers perceive meat
31 quality and influences purchasing decisions ([Faustman & Cassens, 1990](#)). In the case of
32 beef, purchasing decisions are influenced by colour more than by any other quality
33 factor, because consumers relate the bright cherry red colour to freshness and
34 wholesomeness, while the brown colour is considered undesirable ([Mancini & Hunt,](#)
35 [2005](#)). In fact, the visible colour on meat surface continuously changes during display

1 and storage, influencing consumer acceptance of beef ([Prado et al., 2015](#)). When
2 superficial metmyoglobin percentage reaches 30 to 40% purchase intention of
3 consumers decreases, because they associate the brown colour with not fresh meats
4 ([Greene, Hsin, & Zipser, 1971](#)).

5 The use of antioxidants in animal nutrition are an alternative to improve colour stability
6 because feed is an effective route of inhibition of animal lipid oxidation ([Wulf et al.,
7 1995](#)). Essential oils are natural additives extracted from plants which have antioxidant
8 powers. These additives have phenolic compounds which are able to neutralize the free
9 radicals which are responsible for oxidative processes ([Hui, 1996](#)). Eugenol and
10 cinnamaldehyde are the major aromatic compounds of clove and cinnamon essential
11 oils, which have been used in human medicine from decades, due to their antioxidant,
12 antibacterial and fungicide powers ([Hart, Yáñez-Ruiz, Duval, McEwan, & Newbold,
13 2008; Nikolić et al., 2014](#)).

14 The sensory attributes of meat are important to consumers. [Carpenter, Cornforth, and
15 Whittier \(2001\)](#) found a strong relationship between the colour preferences and
16 consumer purchasing decisions, as consumers discriminated against beef that was not
17 red (e.g., purple or brown). Therefore, visual assessments are a gold standard for
18 estimating consumer perception ([Mancini & Hunt, 2005](#)) but it is complex, expensive
19 and time-consuming. [O'sullivan et al. \(2003\)](#) found that trained sensory panellists were
20 able to differentiate four experimental groups on each day (0, 1, 3 and 5) and were more
21 effective in evaluating the colour quality of samples than instrumental methods.
22 Furthermore, [O'sullivan et al. \(2003\)](#) showed that the sensory visual assessment of meat
23 products can be undertaken effectively without training when the product, or rather the
24 colour of that product, is familiar to the assessors. The case of the untrained panellists is
25 more analogous to the consumer, but both methods of visual sensory assessment are
26 important. Difficulties of using meat in consumers surveys could be overcome through
27 the use of photographs for the colour evaluation ([Brugiapaglia & Destefanis, 2009](#)). It is
28 anticipated that computer vision inspection of food products will be consistent, efficient
29 and cost effective ([Lu, Tan, Shatadal, & Gerrard, 2000](#)).

30 Digital camera images have been used on instrumental assessing of meat colour
31 ([O'sullivan et al., 2003](#)). According to these authors the images reduced the number of
32 representative samples for explaining the variations of meat colour surface. Trained
33 panellists used digital images to predict pork loin visual colour by statistical modelling
34 ([Lu et al., 2000](#)). When digital images were assessed by consumers, they were able to

1 distinguish before and after blooming ([Brugiapaglia & Destefanis, 2009](#)). Another
2 advantage of digital images is their repeatability ([Ngapo, Martin, & Dransfield, 2004,](#)
3 [2007](#)).

4 However, in visual analyses consumers possess additional information of freshness
5 provided by time, because they evaluate samples every day. This kind of information,
6 which in real situation consumers do not possess, might influence consumers'
7 perception and discoloration of meat can be overestimated. For that reason, validation
8 of photographs is an important first step to confirm their usefulness in eliminating
9 between-consumer differences in meat perception.

10 Therefore, the aim of this study was to compare perception of beef colour between
11 viewing meat and their corresponding photographs with days in sequential or random
12 order, taken under controlled and standardised conditions to assess the reliability and
13 accuracy of using meat photographs as an assessment tool.

14

15 **2. Material and Methods**

16

17 *2.1. Ethic committee and local*

18

19 This experiment was approved by Department of Animal Production and Research
20 Ethic Committee at the State University of Maringá and followed the guiding principles
21 of biomedical research with animals ([CIOMS/OMS, 1985](#)), and was carried-out at the
22 Rosa & Pedro Sector, State University of Maringá, Farm Experimental Station at
23 Iguatemi city, Paraná, and Brazil South.

24

25 *2.2. Animals and diets*

26

27 A total of 40 (½ Brown Swiss x ½ Nellore) crossbred young bulls (half-brothers) with
28 12 months old and live weight (LW) of 219 ± 11.7 kg were used in a complete
29 Randomized design. Bulls were weighed at 240 days of age and assigned to individual
30 pens with 10 m², partially covered with concrete floors. Bulls were distributed into three
31 treatments according to live weight.

32 The basal diet was the same for all animals, formulated according to [NRC \(2000\)](#)
33 recommendations for a 1.4 kg/day average daily gain. Bulls were randomly assigned to
34 one of three finishing diets: CON ($n = 8$) – diet without addition of essential oils; CLO

1 ($n = 16$) – diet with average 5.000 mg/animal/day of clove essential oil and CIN ($n =$
2 16) – diet with average 5.000 mg/animal/day of cinnamon essential oil. The clove
3 essential oil contained 84.5%, 13.3 and 1.3% of eugenol, carophyllene and eugenyl
4 acetate, respectively, and cinnamon essential oil contained 78.8%, 4.7% and 3.2% of
5 cinnamaldehyde, carophyllene and alpha-pinene, respectively, as determined by
6 [Biondo et al. \(2016\)](#). The essential oils were obtained from FERQUIMA[®] (Vargem
7 Grande Paulista, São Paulo, Brazil) and stored at 4°C. The essential oils had a liquid
8 texture and were mixed with the concentrate in a commercial mixer every two weeks,
9 when diets were prepared. All diets were isoenergetics and isonitrogenous. Bulls were
10 fed sugar cane pellets in addition to a concentrate *ad libitum*. Concentrate was
11 composed of cracked corn, soybean meal, mineral and protein-vitamin mix (Econbeef
12 BR[®] – Spain); guaranteed levels: calcium (50 g/kg), magnesium (57 g/kg), sodium (81
13 g/kg), sulfur (3.75 g/kg), cobalt (20 mg/kg), copper (500 mg/kg), iodine (25 mg/kg),
14 manganese (1.500 mg/kg), selenium (10 mg/kg), zinc (2.000 mg/kg), vitamin A
15 (400.000 UI/kg), vitamin D3(50.000 UI/kg), vitamin (750 UI/kg), ether extract (168
16 g/kg) and urea (350 g/kg), yeast and limestone. Water was given *ad libitum* in automatic
17 drinkers.

18

19 2.3. Slaughter and meat sampling

20

21 At day 187 (443.5 ± 26.2 kg), bulls were transported to a commercial slaughterhouse
22 (Arapongas city, Paraná, south Brazil). Truck stocking density was 0.8 ± 0.2 bulls/m²,
23 and transport distance was less than 60 km. Animals were slaughtered, following the
24 usual practices of the Brazilian beef industry, and they were stunned using a captive-
25 bolt pistol. Carcasses were not subjected to electrical stimulation.

26 Twenty-four hours later, after chilling at 4° C, *longissimus thoracis* samples were
27 identified and stored in closed plastic bags, then immediately transported to the
28 Laboratory of Technology and Production of Animal Origin of the Animal Science
29 Department at the State University of Maringá. Two-cm thick steaks were cut, and with
30 one day of ageing were frozen immediately and stored at -18°C for further analysis.

1 2.4. Evaluators

2

3 Consumer-based sensory panels were conducted ($n = 17$ volunteers) to evaluate the
4 visual acceptability of the meat. Volunteers (8 males and 9 females) who consumed
5 beef on a regular basis (at least twice a week) were recruited. Each consumer attended
6 two evaluation sessions separated by a two-weeks interval. In the first session,
7 consumers evaluated samples directly in a commercial expositor (Trays) and in the
8 second session consumers evaluated correspondent photos of samples in Sequential
9 (Sequential) and Randomized (Random) orders.

10

11 2.5. Session 1 (Trays)

12

13 Samples were thawed for 24 h at 4°C. They were packaged individually in Trays
14 wrapped with PVC film and displayed at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ under simulated retail conditions
15 using fluorescent light (1200 lx, 12 h) in a commercial expositor (Klima Expositor
16 Practice, Model 05B0500.1, Venâncio Aires – Rio Grande do Sul, Brazil). Every two
17 days, the individual codes of the samples and the positions of the trays inside the
18 expositor were randomly changed to avoid sample recognition. In the visual analyses
19 Trays were evaluated daily using a 9-point structured hedonic scale (one = dislike
20 extremely to nine = like extremely) ([Prado et al., 2015](#)). The shelf-life of the meat was
21 limited by the number of days at which samples were assigned with scores equal or
22 higher than 5.

23

24 2.6. Session 2 (Sequential and Random photos)

25

26 In order to produce images in standardized conditions, photographs were taken
27 according to [Chan, Moss, Farmer, Gordon, and Cuskelly \(2013\)](#). Steaks were
28 photographed every day through the eleventh days of evaluation, using a NIKON
29 D3100 digital camera mounted on a photographic stand containing two D65 fluorescent
30 light tubes as the standard illuminant. An additional grey-colour cardboard was used to
31 cover the entrance of the cabinet to provide lighting evenly distributed across the
32 sample and also to avoid exposure to external light. The camera was fixed
33 perpendicularly 45 cm to the surface of the meat sample. Following preliminary
34 experiments, camera parameters were chosen: manual mode; shutter speed, 1/20;

1 aperture size, F5.3; ISO, 1600; focal distance 40 mm. Images were stored and
2 transferred to computer as JPEG file. A GretagMacbeth mini Colour-Checker (Colour-
3 confidence, Birmingham, UK) which contains 24 coloured patches was photographed
4 with each meat sample for checking the colour reproduction capability.

5 In Sequential, photographs were presented in the same order (as in session 1) and
6 individuals were asked the same question on acceptability. After completing the
7 evaluations and a 30-minutes break, the recorded photographs were randomly (Random)
8 shown as new samples to the consumers.

9

10 *2.7. Statistical analyses*

11

12 One way ANOVA for the scores assigned and its respectively standard deviations were
13 analyzed by the IBM Statistical Package for the Social Science (SPSS version 19). Days
14 of display, diets and methodologies were considered as fixed factors. Interactions were
15 observed between days of display and diets and between days of display and
16 methodologies, thus these effects were evaluated in a GLM analyses for each day. To
17 analyze the evolution of scores and their standard deviation among the display period, a
18 simple regression for the effect of days was performed.

19

20 **3. Results**

21

22 *3.1. Diet and methodology effects on visual scores of meat*

23

24 In the first five days, meat from bulls fed the three diets presented similar ($P > 0.05$)
25 scores of evaluation (Table 1). In the sixth, seventh and eighth days the meat from bulls
26 fed essential oils addition in the diets presented lower scores ($P < 0.01$) than meat from
27 bulls from control diet. From the ninth to the eleventh day the scores were similar ($P >$
28 0.05), as they were observed in the first fifth days. All the diets presented a decrease (P
29 < 0.01) throughout the time in the scores of visual acceptability, which started being
30 higher than 7.6, and finished with scores lower than 2.4 in the eleventh day.

31 Scores from the first to the fourth days were higher ($P < 0.01$) for samples evaluated in
32 Trays and by Sequential photos than in samples evaluated by Random photos (Table 1).

33 In the fifth day the scores were similar ($P > 0.05$) among methodologies. From the sixth
34 day onwards the scores from Sequential were similar to the scores from Random

1 method, which were higher ($P < 0.01$) when compared with the scores from Trays
2 method.

3

4 *3.2. Day effect on visual scores*

5

6 In Table 2 the equations of effects of the days of display are presented. For the three
7 diets, scores of visual acceptability presented a strong relationship with the days of
8 evaluation in the form of a cubic equation ($R^2 > 0.70$). However, the shelf-life was
9 different among the treatments and evaluation methods. For the CON diets Random
10 photos presented the highest shelf-life (8.14 days), Sequential photos the intermediary
11 (7.22 days) and Trays the lowest (6.98 days). Trays and Sequential photos presented a
12 similar curve throughout days of display. However, Random photos presented an
13 enhanced decrease in the curve after the fourth day (Fig. 1).

14 For the CLO diets, Random photos presented the highest shelf-life (7.19 days),
15 Sequential photos the intermediary (6.60) and Trays the lowest (6.29 days). In this diet
16 group, Sequential photos presented an intermediary curve fit, which decrease in scores
17 was similar to Trays in the first days, but similar to Random photos in the last days (Fig.
18 2). For the CIN diets Random photos presented the highest shelf-life (7.66 days),
19 Sequential photos intermediate (7.03 days) and Trays the lowest (6.65 days). In this diet
20 group, as happened in CLO diet group, Sequential photos curve fit was similar to Trays
21 across the first days of display, but similar to Random photos in the last days (Fig. 3).

22

23 *3.3. Methodologies and day effect on variation of visual scores*

24

25 After assessing the standard deviation of the scores, no interactions were observed
26 between methodologies and diets, through the eleven days, thus results are presented as
27 an overall evaluation. Differences in the standard deviation were observed in days 3, 4,
28 5, 8, 10 and 11 (Table 3). In the days 3, 4, 5 and 8 the standard deviation was lower in
29 the Random photos when compared to the other methodologies, with exception for the
30 Trays in day 3 which was similar. However in days ten and eleven the standard
31 deviation from the Trays methodology was lower than those from Sequential and
32 Random photos.

33 Differences among days in standard deviation were observed for all methodologies
34 ($P < 0.01$). Specifically, no differences in standard deviation were observed in Sequential

1 photos with the exception of the first day. On the other hand, for Random photos, the
2 standard deviation increased after the ninth day. Trays methodology presented a
3 fluctuation in the standard deviation, which increased after the third day and decreased
4 after the ninth day of evaluation.

5 Since differences in the standard deviation behaviour were observed an analyses of
6 regression was made (Table 4). Display days presented a cubic effect for the Trays
7 methodology and a linear increase for Sequential and Random photos ($P < 0.05$) (Table
8 4). The Trays methodology presented a weak coefficient of determination ($R^2 = 0.232$)
9 but no relationships were observed for the Sequential and Random photos ($R^2 = 0.030$
10 and 0.081 respectively) of the exposition days and the standard deviation. These results
11 indicate that independently of the treatment, the effect of days plays a higher role in the
12 differences observed among the consumers in the Trays methodology (Fig. 4).

13

14 **4. Discussion**

15

16 *4.1. Diet and methodology effects on visual scores of meat*

17

18 *4.1.1 Diet effect*

19

20 The three diets presented a decrease in the visual scores, which were expected because
21 meat deteriorates during display, especially for animals fed with high percentages of
22 concentrates ([Warren et al., 2008](#)). The visual scores observed were similar to the
23 results of other studies with animals finished in feedlot. ([Muramoto, Nakanishi, Shibata,
24 & Aikawa, 2003](#); [Prado et al., 2015](#)).

25 In the current work, significant differences in the acceptability of meat were observed
26 among the diets during the transition period (6, 7 and 8th days), which average scores of
27 acceptance becomes lower than 5.0. Similar results were observed by [Vitale, Pérez-
28 Juan, Lloret, Arnau, and Realini \(2014\)](#) when evaluating different ageing times in beef,
29 which differences among treatments occurred after the sixth day of display. However, in
30 the current work the lower scores observed for the essential oils diets were unexpected
31 since essential oils of clove and cinnamon are largely used in human medicine due to
32 their antioxidant properties ([Hart et al., 2008](#)).

33 According to [Kerry, Buckley, Morrissey, O'Sullivan, and Lynch \(1998\)](#), antioxidant
34 incorporation in cells membranes can delay oxidation of myoglobin. These compounds

1 acts in the capture of free radicals which are formed during lipid oxidation, delaying the
2 conversion of the cherry red pigment (oxymyoglobin) to the brown pigment
3 (metmyoglobin) ([Hayes et al., 2009](#)). When essential oils of clove and cinnamon were
4 added directly in the meat surface ([Ouattara, Simard, Holley, Piette, & Bégin, 1997](#)) a
5 reduction in the growth of bacteria responsible of meat deterioration was observed.
6 According to [Wulf et al. \(1995\)](#) antioxidants can be added into diets because feeding is
7 an efficient route of oxidation inhibition of animal lipids. However, in our study animals
8 fed with essential oils presented a lower visual acceptability than Control. In this sense,
9 [Rivaroli et al. \(2016\)](#) when feeding crossbred bulls (Angus x Nelore) with two
10 concentrations of a commercial essential oils mixture (3,500 and 7,0000 mg
11 animal/day), observed that the highest dose increased lipid oxidation. Then, depending
12 on the content, these compounds might penetrate mitochondria and initiate oxidative
13 process in these membranes organelles. Thus in high concentrations essential oils may
14 cease antioxidant activity to start pro-oxidant activity ([Bakkali, Averbeck, Averbeck, &
15 Idaomar, 2008](#)). Due to the divergence in literature, other analyses as lipid oxidation,
16 antioxidant capacity or instrumental colour should be carried out to better understand
17 the effect of addition of these compounds in the diets over the parameters of meat
18 quality.

19

20 *4.1.2. Methodology effect*

21

22 When diets were evaluated together, the colour evolution of meat was different
23 according to the assessment methodology. A decrease in the scores of acceptance
24 occurred similarly for the Trays and Sequential photos, however no differences were
25 observed from the second to the fifth day for the Random photos (Table 1). The
26 progressive decrease in visual scores acceptance in Trays and Sequential photos might
27 be related more to consumer's perception of deterioration of the meat through display
28 than to a real discolouration of myoglobin.

29 Differences were observed among the three methodologies for animals fed with or
30 without different essential oils (Table 1). Trays, Sequential photos, and Random photos
31 are different techniques, thus the differences observed in the results were expected.
32 Specially in the Trays, several factors play a role during consumers' evaluation that
33 could be associated to errors. Firstly, consumers have additional information about meat
34 freshness because they know the number of days that meat was displayed. Something

1 similar could happen with Sequential photos. This kind of information might explain
2 why consumers assigned higher scores in the first days and lower scores in the last days
3 when compared to Random photos. In real situations, consumers do not know how
4 many days meat has been displayed for. Secondly in Trays, samples were presented
5 together and positions were switched every two days. However, inside a displayer there
6 are different locations, as the centre, corner, etc. Thus, in this methodology samples
7 might not be evaluated in standardized conditions of viewing. Thirdly, Trays
8 methodology demands a long duration and consumer's perception or evaluation might
9 change from day to day. Therefore, more accurate and standardized methodologies
10 should be developed in order to minimize these effects. No differences were observed
11 between Trays and Sequential photos scores in the majority of evaluation days, thus
12 digital images can be utilized to assess the evolution of colour, as in Trays
13 methodology, without compromising consumer perception.

14 Trays and Sequential photos scores were higher than Random photos in the first days of
15 display. The results observed indicate that consumers are keen to assign higher scores
16 because they knew that samples were displayed for few days and were fresh. However
17 after the seventh day, Sequential and Random photos presented similar scores, but
18 higher than Trays. It can be inferred that after that point, with the increase of the
19 metmyoglobin content ([Greene et al., 1971](#); [Muramoto et al., 2003](#)) consumers are
20 induced to assign lower scores in Trays.

21 [Chan et al. \(2013\)](#) observed no differences in the preferences of doneness of meat
22 purchased in supermarkets, when samples were physically presented or in photographs.
23 However, these authors observed that consumers were more able to distinguish grades
24 of doneness by photographs in the internal surface than in the external surface of the
25 meat, probably because there are more changes in internal colour when meat is cooked
26 to different doneness.

27

28 *4.2. Day effect on visual scores*

29

30 Throughout the 11-days period, consumer acceptance of the appearance of the meat
31 decreased exponentially. The gradual decline in visual acceptability was expected
32 because oxidative processes cause meat to deteriorate ([Renerre, 1990](#)) especially in
33 meat from concentrate-fed animals. Trays and Sequential photos presented similar curve
34 behaviour but different to Random photos in CON group (Fig. 1). On the other hand

1 Sequential photos presented an intermediary curve between Trays and Random photos
2 in the essential oil diet groups (Fig. 2 and 3).

3 In our evaluation, when samples were assigned scores lower than 5.0 it reflected
4 rejection of the meat. Trays and Sequential photos presented a shelf-life between 6 and
5 7 days (Table 2), which are similar to those observed by [Prado et al. \(2015\)](#). However,
6 when samples were evaluated by Random photos a longer shelf-life of 8.14 days
7 appeared for CON diets, 7.19 days for CLO diets and 7.66 for CIN diets.

8 The higher similarity between Sequential and Random photos curves in CLO and CIN
9 than in CON, might partially be explained because of their unexpected lower shelf-life.
10 In essential oil diets, as visual scores decreased faster, it resulted in a faster
11 discolouration from red to brown pigment. Light is a physical phenomenon composed
12 of energy particles which move as wave. However, the human eye is sensitive to a very
13 straight band of wave length denominated visual spectre, situated between 380 to 780
14 nm. ([Ramos & Gomide, 2007](#)). The chromaticity diagram of CIE 1931 represents every
15 colour as point and can represent the range of all colours that can be produced
16 ([Lammens, 1994](#)). The spectral range of brown colour is situated between 590 to 600
17 nm which is smaller than red which is situated between 600 to 750 nm, with lower
18 discrimination possibilities to the human eye. Also, it can be inferred that as meat
19 increase deterioration others aspects, which are not perceived by photographs, might
20 induce consumers to assign lower scores in the last day when samples were evaluated
21 directly in commercial expositor.

22 Consumer purchase of meats in overwrap packaging has increased in the last decades as
23 their presence in supermarket becomes more evident. Historically, consumers use
24 colour as their primary indicator of freshness and wholesomeness, and want packages in
25 the retail case that promote a cherry red colour ([Hood & Riordan, 1973](#); [McMillin,
26 2008](#); [Morrissey et al., 1994](#)). Digital images reliability for visual evaluation decrease
27 when brown pigments increase in meat surface; however it appears to be a promising
28 tool, since shelf-life is determinate before meat is not acceptable anymore. Our results
29 point out that when consumers have additional information of time they are induced to
30 assign lower scores, but when samples were evaluated by Random photos shelf-life was
31 increased in one day. Digital images presented in Random sequence could be used to
32 evaluate more accurately factors that are important for the industry and have direct
33 impact in meat discolouration ([Martin et al., 2013](#)).

1 4.3. Methodology and day effects on variation of visual scores

2

3 The variation in the scores among consumers was calculated by the standard deviation.
4 [Arnold, Scheller, Arp, Williams, and Schaefer \(1992\)](#) also used standard deviation to
5 measure variations when compared beef colour stability by visual appraisal and
6 spectrophotometer evaluations. When diets were evaluated together, Trays and
7 Sequential photos presented equal or higher standard deviation to Random photos in the
8 majority of days. The higher standard deviation at the 3rd, 4th, 5th, 8th can be explained
9 by the lower influence of reference of freshness, which increased the variation among
10 consumers. At 10th and 11th days of display standard deviation of Trays was lower than
11 Sequential and Random photos. The lower standard deviation in Trays methodology
12 occurred due to the higher number of lower scores assigned. This result observed
13 indicates a possible effect on consumers evaluations caused by the days of display.

14 Sequential and Random photos resulted in a low or zero R², which means that in these
15 methodologies the differences in scores between consumers were not influenced by the
16 days of display. However, a linear increase in the standard deviation occurred with the
17 increase of display period, probably because of the lower capacity of human eyes to
18 discriminate degrees of brown colour than other colours, as mentioned before. Our
19 results are similar to [Arnold et al. \(1992\)](#), who observed an increase in the standard
20 deviation when metmyoglobin content was measured either by visual appraisal and
21 spectrophotometry.

22 However, for the Trays the day of display presented a cubic effect in the variation,
23 which resulted in a fluctuation of the standard deviation through display (Fig. 4). When
24 consumers have a reference of freshness, (high freshness in the first days, and lower
25 freshness in the last days) they are induced to assign more homogeneous scores.
26 However, when the reference of freshness weakens, in the intermediary period, standard
27 deviation increased. This fluctuation does not occurred in Sequential and Random
28 photos. In these methodologies, consumers evaluated samples at the same day, and
29 photos were presented individually one after another, which promoted better conditions
30 to consumers focusing in evaluating meat appearance. On the other hand, the fluctuation
31 of Trays methodology might be explained due to its form of presentation, which
32 occurred every day with samples placed together in the expositor, allowing comparison
33 between sample to sample and day to day.

1 Consumers evaluation of meat quality is based on their past experiences and are
2 dependent of a series of psychological and sensorial answers unique for each person
3 ([Ramos & Gomide, 2007](#)). As differences between consumers are expected, operational
4 sources of errors should be reduced. Digital images appear to be a promising tool
5 because it is possible to 'freeze' the meat colour and guarantee that samples are
6 evaluated in the same conditions.

7

8 **5. Conclusions**

9

10 Animals fed with addition of essential oils clove and cinnamon resulted in lower visual
11 scores of meats, resulting in lower shelf-life. However due to the complexity of these
12 compounds, others parameters should be used to measure its effects in meat oxidation.

13 Digital images are a promising tool in visual evaluations, with similar results as those
14 evaluated directly in Trays. The decrease in scores is lower when digital images are
15 presented in Random order, increasing the assessment of shelf-life in one day. However,
16 in the last days of display digital images losses their reliability and both, Sequential and
17 Random methods, resulted on scores different than Trays.

18 Trays and Sequential presented equal or higher standard deviation through the display
19 period with the exception of the last days. Thus Random photos resulted in the most
20 standardized methodology. Regression analyses showed that consumers are influenced
21 in their scores when the reference of freshness exists, such as in Trays methodology.

22 Digital images is a tool that can "freeze" the exact colour of the meat which can be used
23 to standardize evaluations and guarantee that samples are evaluated in the same
24 conditions and by an "unlimited" number of consumers.

25

26 **6. Acknowledgements**

27

28 The current project was funded by the Araucaria Foundation, fund of the state of Paraná
29 and the Brazilian Council for Research and Technological Development (CNPq). The
30 authors would like to thank Ricardo Antonioli Grassano (Rolândia city, Paraná State,
31 Brazil South) for providing the animals used in the research. Trade names or
32 commercial products in this publication are mentioned solely for the purpose of
33 providing specific information and do not imply recommendations or endorsement by

1 the Department of Animal Science, State University of Maringá, Maringá, Paraná,
2 Brazil.

3

4 **7. References**

5

- 6 Arnold, R., Scheller, K., Arp, S., Williams, S., & Schaefer, D. (1992). Visual and
7 spectrophotometric evaluations of beef color stability. *Journal of Food Science*,
8 57(2), 518-520.
- 9 Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of
10 essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- 11 Biondo, P. B. F., Carbonera, F., Zawadzki, F., Chiavellia, L. U. R., Pilau, E. J. P.,
12 Prado, I. N., & Visentainer, J. V. (2016). Antioxidant capacity and
13 identification of bioactive compounds by GC-MS of essential oils
14 commercialized in Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, in press.
- 15 Brugiapaglia, A., & Destefanis, G. (2009). Sensory evaluation of meat colour using
16 photographs. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2s), 480-482.
- 17 Carpenter, C. E., Cornforth, D. P., & Whittier, D. (2001). Consumer preferences for
18 beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science*, 57(4),
19 359-363.
- 20 Chan, S. H., Moss, B. W., Farmer, L. J., Gordon, A., & Cuskelly, G. J. (2013).
21 Comparison of consumer perception and acceptability for steaks cooked to
22 different endpoints: Validation of photographic approach. *Food Chemistry*,
23 136(3-4), 1597-1602. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.069>
- 24 CIOMS/OMS. (1985). Council for International Organizations of Medical Services
25 *International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals*.
26 Geneva, Switzerland: WHO Distribution and sales service.
- 27 Faustman, C., & Cassens, R. G. (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh
28 meat: a review. *Journal of Muscle Foods*, 1(3), 217-243.
- 29 Greene, B. E., Hsin, I., & Zipser, M. Y. W. (1971). Retardation of oxidative color
30 changes in raw ground beef. *Journal of Food Science*, 36(6), 940-942.
- 31 Hart, K. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Duval, S. M., McEwan, N. R., & Newbold, C. J. (2008).
32 Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and*
33 *Technology*, 147(1-3), 8-35. doi:
34 <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.007>
- 35 Hayes, J., Stepanyan, V., Allen, P., O'Grady, M., O'Brien, N., & Kerry, J. (2009). The
36 effect of lutein, sesamol, ellagic acid and olive leaf extract on lipid oxidation and
37 oxymyoglobin oxidation in bovine and porcine muscle model systems. *Meat*
38 *Science*, 83(2), 201-208.
- 39 Hood, D. E., & Riordan, E. B. (1973). Discolouration in pre-packaged beef:
40 Measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination.
41 *International Journal of Food Science & Technology*, 8(3), 333-343.
- 42 Hui, Y. H. (1996). Oleoresins and essential oils. *Bailey's industrial oil and fat products*.
43 *New York: Wiley-Interscience Publication*, 6, 145-153.
- 44 Kerry, J., Buckley, D., Morrissey, P., O'Sullivan, K., & Lynch, P. (1998). Endogenous
45 and exogenous α -tocopherol supplementation: effects on lipid stability (TBARS)
46 and warmed-over flavour (WOF) in porcine M. longissimus dorsi roasts held in
47 aerobic and vacuum packs. *Food Research International*, 31(3), 211-216.

- 1 Lammens, J. M. G. (1994). *A computational model of color perception and color*
2 *naming*. PhD, State University of New York, New York.
- 3 Lanari, M. C., Schaefer, D. M., Cassens, R. G., & Scheller, K. K. (1995). Atmosphere
4 and blooming time affect color and lipid stability of frozen beef from steers
5 supplemented with Vitamin E. *Meat Science*, 40(1), 33-44. doi:
6 [http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)00017-2](http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740(94)00017-2)
- 7 Lu, J., Tan, J., Shatadal, P., & Gerrard, D. E. (2000). Evaluation of pork color by using
8 computer vision. *Meat Science*, 56(1), 57-60.
- 9 Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*,
10 71(1), 100-121.
- 11 Martin, J. N., Brooks, J. C., Brooks, T. A., Legako, J. F., Starkey, J. D., Jackson, S. P.,
12 & Miller, M. F. (2013). Storage length, storage temperature, and lean
13 formulation influence the shelf-life and stability of traditionally packaged
14 ground beef. *Meat Science*, 95(3), 495-502. doi:
15 <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.032>
- 16 McMillin, K. W. (2008). Where is MAP going? A review and future potential of
17 modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80(1), 43-65.
- 18 Morrissey, P. A., Buckley, D. J., Sheehy, P. J. A., & Monahan, F. J. (1994). Vitamin E
19 and meat quality. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53(2), 289-295.
- 20 Muramoto, T., Nakanishi, N., Shibata, M., & Aikawa, K. (2003). Effect of dietary β -
21 carotene supplementation on beef color stability during display of two muscles
22 from Japanese Black steers. *Meat Science*, 63(1), 39-42.
- 23 Ngapo, T. M., Martin, J. F., & Dransfield, E. (2004). Consumer choices of pork chops:
24 results from three panels in France. *Food Quality and Preference*, 15(4), 349-
25 359. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00082-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00082-X)
- 26 Ngapo, T. M., Martin, J. F., & Dransfield, E. (2007). International preferences for pork
27 appearance: II. Factors influencing consumer choice. *Food Quality and*
28 *Preference*, 18(1), 139-151. doi:
29 <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.09.007>
- 30 Nikolić, M., Glamočlija, J., Ferreira, I. C. F. R., Calhelha, R. C., Fernandes, Â.,
31 Marković, T., . . . Soković, M. (2014). Chemical composition, antimicrobial,
32 antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis*
33 *Boiss.* and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Industrial Crops and*
34 *Products*, 52, 183-190. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.006>
- 35 NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (7th rev. ed.). Washington, DC,
36 USA: Natl. Acad. Press.
- 37 O'sullivan, M. G., Byrne, D. V., Martens, H., Gidskehaug, L. H., Andersen, H. J., &
38 Martens, M. (2003). Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory
39 quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour
40 analysis. *Meat Science*, 65(2), 909-918.
- 41 Ouattara, B., Simard, R. E., Holley, R. A., Piette, G. J. P., & Bégin, A. (1997).
42 Antibacterial activity of selected fatty acids and essential oils against six meat
43 spoilage organisms. *International Journal of Food Microbiology*, 37(2-3), 155-
44 162. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605\(97\)00070-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605(97)00070-6)
- 45 Prado, I. N., Campo, M. M., Muela, E., Valero, M. V., Catalan, O., Olleta, J. L., &
46 Sañudo, C. (2015). Effects of castration age, protein level and lysine/methionine
47 ratio in the diet on colour, lipid oxidation, and meat cceptability of intensively
48 reared Friesian steers. *Animal*, 9(8), 1423-1430.
- 49 Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2007). *Avaliação da qualidade de carnes:*
50 *fundamento e metodologias* (Vol. 1). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

- 1 Renerre, M. T. (1990). Factors involved in the discoloration of beef meat. *International*
2 *Journal of Food Science & Technology*, 25(6), 613-630.
- 3 Rivaroli, D. C., Guerrero, A., Valero, M. M., Zawadzki, F., Eiras, C. E., Campo, M. M.,
4 . . . Prado, I. N. (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of
5 crossbred young bulls finished in feedlot. *Meat Science*, *in press*.
- 6 Troy, D. J., & Kerry, J. P. (2010). Consumer perception and the role of science in the
7 meat industry. *Meat Science*, 86(1), 214-226. doi:
8 <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.009>
- 9 Vitale, M., Pérez-Juan, M., Lloret, E., Arnau, J., & Realini, C. E. (2014). Effect of aging
10 time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature
11 cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Science*, 96(1),
12 270-277. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.027>
- 13 Warren, H. E., Scollan, N. D., Nute, G. R., Hughes, S. I., Wood, J. D., & Richardson, R.
14 I. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality
15 in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Science*, 78(3), 270-278.
16 doi: 10.1016/j.meatsci.2007.06.007
- 17 Wulf, D., Morgan, J., Sanders, S., Tatum, J., Smith, G., & Williams, S. (1995). Effects
18 of dietary supplementation of vitamin E on storage and caselife properties of
19 lamb retail cuts. *Journal of Animal Science*, 73(2), 399-405.
- 20

1 **Table 1**

2 Visual acceptability of meat from bulls fed with or without essential oils evaluated with three methodologies

Days	Diets*					Methodologies**					D x M***
	CON	CLO	CIN	SEM	p-value	Trays	Sequential	Random	SEM	p-value	p-value
1	7.84a	7.69a	7.99a	0.021	0.167	8.22aA	7.92aA	7.39aB	0.068	0.001	0.809
2	7.35ab	7.34ab	7.42ab	0.022	0.853	7.85aA	7.51abA	6.77bB	0.074	0.001	0.993
3	7.04bc	7.18ab	7.18bc	0.024	0.657	7.26bA	7.33bcA	6.82bB	0.072	0.007	0.894
4	6.82bc	6.83bc	6.90bc	0.024	0.883	7.05bA	6.91cdA	6.61bB	0.071	0.037	0.837
5	6.57c	6.32c	6.62c	0.023	0.149	6.36c	6.52d	6.63b	0.067	0.230	0.921
6	5.90dA	5.41dB	5.77dA	0.020	0.003	5.41dB	5.73eAB	5.94cA	0.063	0.003	0.568
7	5.33dA	4.67eB	4.94eB	0.022	0.001	4.76eB	4.99fAB	5.21dA	0.069	0.031	0.432
8	4.64eA	4.06fB	4.13fB	0.024	0.002	3.64fB	4.51fA	4.71deA	0.082	0.001	0.840
9	3.99f	3.72f	3.78f	0.025	0.313	3.46fB	3.84gAB	4.19eA	0.080	0.001	0.031
10	3.10g	2.96g	2.97g	0.024	0.710	2.40gB	3.20hA	3.44fA	0.079	0.001	0.524
11	2.37h	2.30h	2.39g	0.023	0.832	1.65hB	2.69iA	2.72gA	0.078	0.001	0.349
SEM	0.026	0.023	0.025			0.025	0.022	0.023			
p-value	0.001	0.001	0.001			0.01	0.001	0.001			

* Diets: CON = diet without addition of essential oils; CLO diet with addition of clove essential oil; CIN diet with addition of cinnamon essential oil

** Methodologies: Trays = Samples evaluated in retail condition in a commercial expositor; Sequential = Photos of samples evaluated in sequential order; Random = Photos of samples evaluated in random order.

*** Interaction between Diets and Methodologies.

a-h Different letters in the same column means significant differences (Tukey 0.05).

A-B Different letters in the same line means significant differences (Tukey 0.05).

1 **Table 2**

2 Regression analysis of three evaluation methodologies of visual acceptability of meat
3 from bulls finished in feedlots fed with or without addition of essential oil

Diets*	Methodology**	Days***	Equation	R ²	F	p-value
CON	Trays	6.98	$Y=8.579-0.331X-0.019X^2-0.001X^3$	0.836	316.65	0.001
	Sequential	7.22	$Y=7.769+0.116X-0.098X^2+0.004X^3$	0.789	233.34	0.001
	Random	8.14	$Y=7.477-0.346X+0.054X^2-0.006X^3$	0.745	182.31	0.001
CLO	Trays	6.29	$Y=8.178+0.130X-0.145X^2+0.007X^3$	0.857	371.26	0.001
	Sequential	6.60	$Y=7.740+0.074-0.091X^2+0.004X^3$	0.898	545.85	0.001
	Random	7.19	$Y=6.887+0.256X-0.108X^2+0.005X^3$	0.744	180.93	0.001
CIN	Trays	6.65	$Y=8.257+0.014X-0.109X^2+0.005X^3$	0.845	338.91	0.001
	Sequential	7.03	$Y=8.035+0.060X-0.105X^2+0.005X^3$	0.801	250.51	0.001
	Random	7.66	$Y=7.249+0.156X-0.074X^2+0.002X^3$	0.790	234.94	0.001

*Diets: CON = diets without addition of essential oils; CLO = diets with addition of clove essential oil; CIN = diets with addition of cinnamon essential oil

**Methodology: Trays = Samples evaluated in retail condition in a commercial expositor; Sequential = Photos of samples evaluated in sequential order and Random = Photos of samples evaluated in random order

***Days: Number of days which consumers evaluated meat with scores equal or higher than 5.0

4

5 **Table 3**

6 Overall standard deviation of the visual acceptability evaluated by three methodologies
7 of meat from bulls finished in feedlot fed with or without addition of essential oils

Days	Trays*	Sequential*	Random*	SEM	p-value
1	1.071b	0.978a	1.031a	0.023	0.238
2	1.106b	1.187b	1.008abc	0.022	0.193
3	1.156bcAB	1.232bB	1.023abcA	0.018	0.013
4	1.193cbB	1.265bB	1.045abA	0.021	0.001
5	1.225cbdB	1.1676bB	1.040abA	0.020	0.001
6	1.194bc	1.119ab	1.081ab	0.024	0.145
7	1.190bc	1.110ab	1.163abcd	0.022	0.310
8	1.377dB	1.207bA	1.131abcdA	0.022	0.001
9	1.279cd	1.258b	1.235cd	0.019	0.643
10	1.096bA	1.279bB	1.257dB	0.019	0.001
11	0.810aA	1.236bB	1.18bcdB	0.024	0.001
p-value	0.001	0.001	0.001		
SEM	0.012	0.012	0.009		

*Trays = Samples evaluated in retail condition in a commercial expositor; Sequential = Photos of samples evaluated in sequential order and Random = Photos of samples evaluated in random order

a-b Different letters in the same column means significant differences (Tukey 0.05).

A-B Different letters in the same line means significant differences (Tukey 0.05).

8

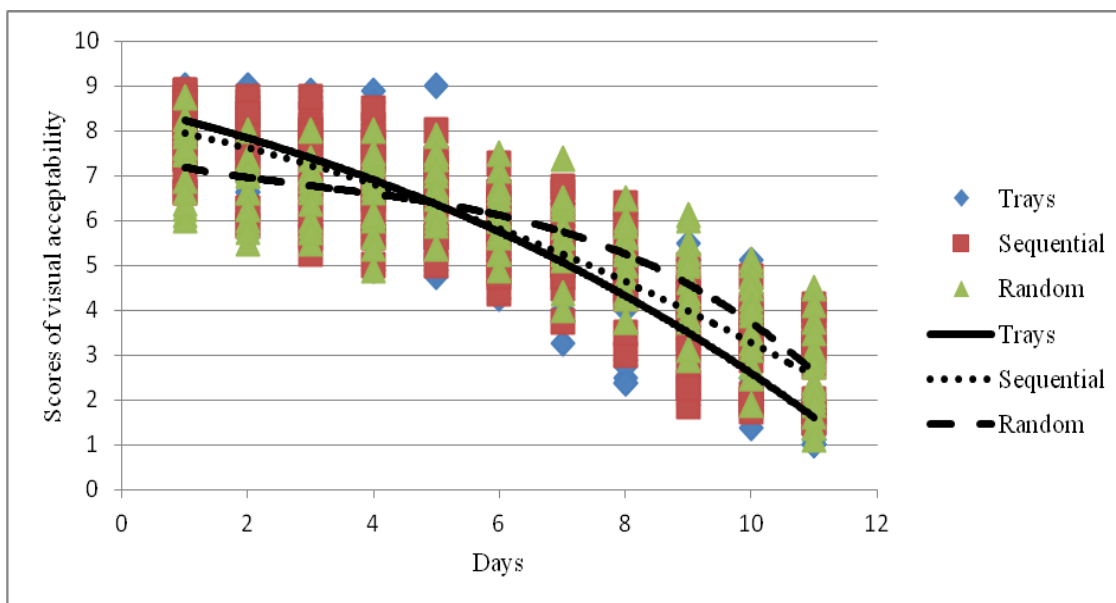
1 **Table 4**

2 Regression analysis of standard deviation of three evaluation methodologies of visual
 3 acceptability of meat from bulls finished in feedlots fed with or without addition of
 4 essential oils

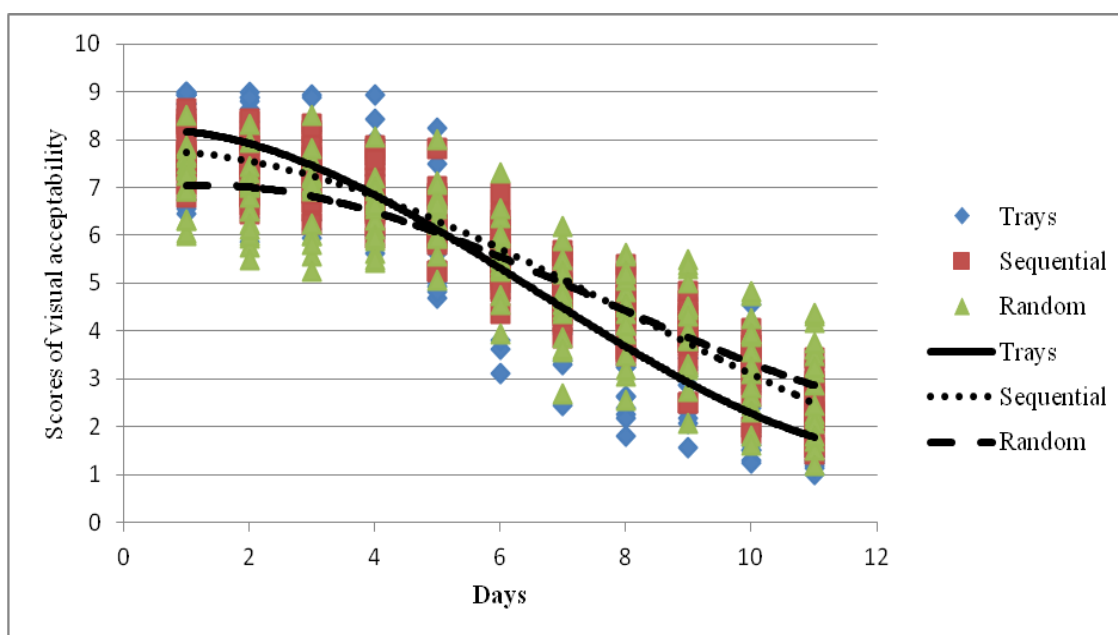
Methodology*	Equation	R ²	F	P-value
Trays	$Y=1.182-0.111X+0.037X^2-0.003X^3$	0.232	45.26	0.001
Sequential	$Y=1.100+0.014X$	0.030	14.38	0.001
Random	$Y=1.012+0.019X$	0.081	2.40	0.001

Methodology*: Trays = Samples evaluated in retail condition in a commercial expositor; Sequential =
 Photos of samples evaluated in sequential order; Random = Photos of samples evaluated in random order

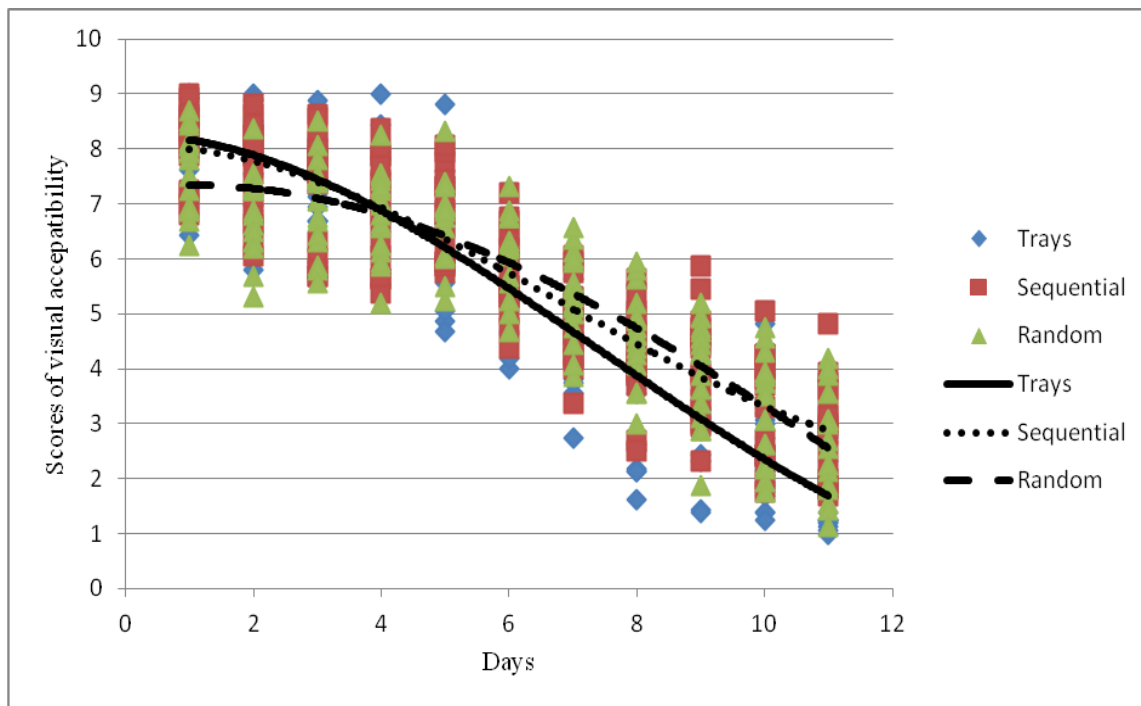
5



1
2 **Fig. 1.** Visual acceptability evaluated by three methodologies of meats from bulls
3 finished in feedlot fed without addition of essential oils (CON)
4

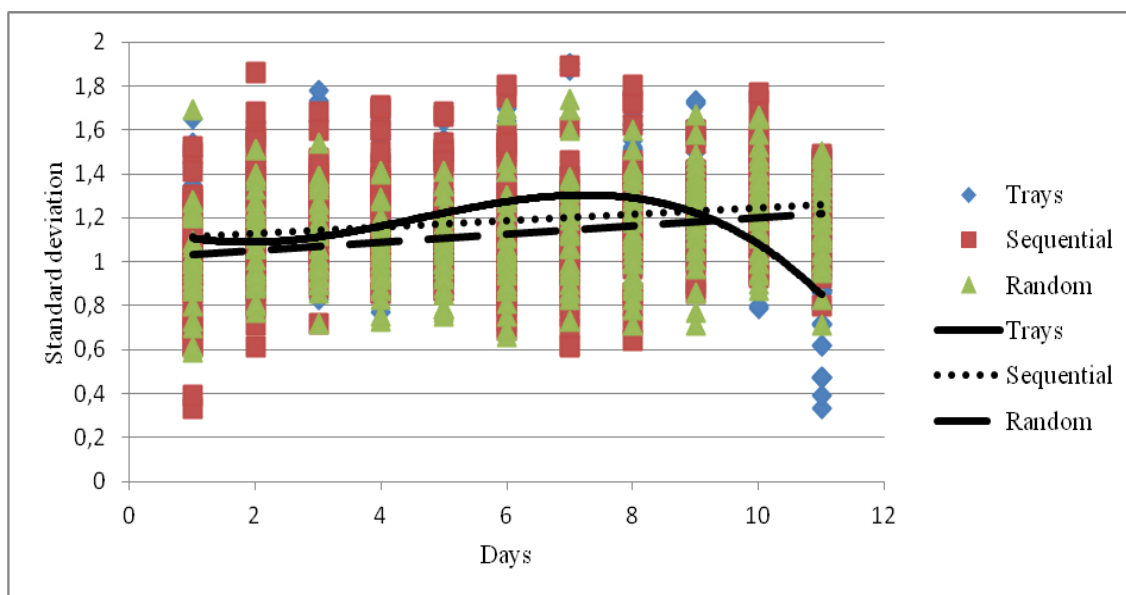


5
6 **Fig. 2.** Visual acceptability evaluated by three methodologies of meats from bulls
7 finished in feedlot fed with addition of clove essential oil (CLO)



1
2 **Fig. 3.** Visual acceptability evaluated by three methodologies of meats from bulls
3 finished in feedlot fed with addition of cinnamon essential oil (CIN)

4



5
6 **Fig. 4.** Overall standard deviation of consumer's visual acceptability evaluated by three
7 methodologies of meat from bulls finished in feedlot fed with or without addition of
8 essential oils.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Animais alimentados com adição de óleos essenciais cravo e de canela apresentaram carnes com menores escores visuais e conseqüentemente menores tempos de prateleira do que carnes de animais alimentados sem estes aditivos. Dependendo da concentração, os óleos essenciais podem passar a ter atividades pró-oxidantes, no entanto, devido à complexidade destes compostos, que são naturais, outros parâmetros devem ser usados para medir o seu efeito na oxidação da carne bovina.

O uso de imagens digitais parece ser uma ferramenta promissora em avaliações visuais, pois apresentaram resultados semelhantes quando as amostras foram avaliadas diretamente em bandejas. Quando as imagens digitais foram apresentadas em ordem aleatória, observou-se que as amostras receberam scores mais baixos nos primeiros dias, porém estas também apresentaram uma queda menos acentuada e a vida de prateleira foi aumentada em um dia. No entanto, nos últimos dias as fotografias começaram a perder sua confiabilidade nos resultados, pois em ambos os métodos suas notas foram diferentes das observadas nas bandejas.

Os métodos Trays e Sequential apresentaram variação igual ou maior que o método Random na maioria dos dias. Entretanto, os métodos por fotografias apresentaram maior variação nos últimos dias. As análises de regressão mostraram que no método tradicional a percepção dos consumidores muda ao longo dos dias de exposição, pois apresentaram uma flutuação no seu desvio padrão. Desta maneira, outros fatores intrínsecos ao método tradicional desempenharam um papel importante nas diferenças observadas entre os consumidores.

Por fim conclui-se que as fotografias são uma ferramenta que podem "congelar" a cor da carne, e que elas podem ser utilizadas para padronizar as avaliações e garantir que todas as amostras possam ser avaliadas sob as mesmas condições.