



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos

Uso da visão computacional na análise colorimétrica
associada ao frescor de filés de tilápia-do-nilo
(*Oreochromis niloticus*) com adição de diferentes óleos
essenciais

STYPHANIE NATASHA MEDINA TERRA

Maringá

2024

STYPHAME NATASHA MEDINA TERRA

**"USO DA VISÃO COMPUTACIONAL NA ANÁLISE COLORIMÉTRICA
ASSOCIADA AO FRESCOR DE FILÉS DE TILÁPIA-DO-NILO COM ADIÇÃO
DE DIFERENTES ÓLEOS ESSENCIAIS".**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do grau de Mestre em Ciência de Alimentos.



Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

gov.br
 Documento assinado eletronicamente
 LUIZ ALEXANDRE FILHO
 CPF: 04.07.994.020-11-0200
 Verifique em: https://sistemas.fgv.br/gov.br

Prof. Dr. Luiz Alexandre Filho

gov.br
 Documento assinado eletronicamente
 NELSON MAURICIO LOPERA BARRERO
 CPF: 04.07.994.020-11-0200
 Verifique em: https://sistemas.fgv.br/gov.br

Prof. Dr. Nelson Maurício Lopera Barrero

gov.br
 Documento assinado eletronicamente
 RICARDO PEREIRA RIBEIRO
 CPF: 04.07.994.020-11-0200
 Verifique em: https://sistemas.fgv.br/gov.br

**Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro
Orientador**

Maringá – 2024

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

T323u	<p>Terra, Styphanie Natasha Medina</p> <p>Uso da visão computacional na análise colorimétrica associada ao frescor de filés de tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) com adição de diferentes óleos essenciais / Styphanie Natasha Medina Terra. – Maringá, PR, 2024. 39 f. : tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Agrônômicas, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2024.</p> <p>1. Visão computacional. 2. Tilápia-do-nilo - Análise de frescor. 3. Óleos essenciais. I. Ribeiro, Ricardo Pereira, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Ciências Agrônômicas. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.</p>
CDD 23.ed. 664	

Orientador

Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro

BIOGRAFIA

Styphanie Natasha Medina Terra, nasceu na cidade de Londrina, Paraná, Brasil. Possui graduação em Tecnologia em Gastronomia pelo Centro Universitário Filadélfia (UniFil), pós-graduação em Técnicas Avançadas em Gastronomia pela mesma instituição. Tem experiência profissional como docente do Centro Universitário Filadélfia (UniFil) e Instituto Gastronômico das Américas (IGA).

Dedico esta dissertação ao meu marido João Lucas e à minha filha Maria Clara pelo apoio constante em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro, pela orientação prestada e pela disponibilidade em todos os momentos necessários.

Agradeço ao Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado, pelo fornecimento dos óleos essenciais, por ceder o laboratório para a realização do experimento.

Agradeço à Dra. Melina Aparecida Plastina Cardoso, pelo conhecimento compartilhado e por me ajudar com toda sua prévia experiência em experimentos. Obrigada por tudo.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos pela confiança depositada em mim pela minha aprovação no programa, foi uma imensa oportunidade de crescimento profissional, mas também de crescimento pessoal.

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está apresentada na forma de um artigo científico.

Autores: Styphanie Natasha Medina Terra, Melina Aparecida Plastina Cardoso, Júlio Cesar Nogueira, Ricardo Pereira Ribeiro e Ivanor Nunes do Prado;

Título do artigo: Uso da visão computacional na análise colorimétrica da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) adicionada de óleos essenciais de alecrim, canela, orégano e tomilho;

Revista (submissão): Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB);

GENERAL ABSTRACT

INTRODUCTION

Fish is a food rich in omega-3, with its consumption recommended for the prevention of cardiovascular, inflammatory, and cognitive diseases. The Nile tilapia species of fish is widely consumed worldwide, including in Brazil. However, due to its high perishability, studies have been conducted to increase its shelf life without compromising its quality. Essential oils, such as cinnamon, oregano, rosemary and thyme, have been widely studied for implementation in the food industry, given that their antioxidant and antimicrobial capacity can help increase the shelf life of foods. Regarding quality and freshness, the color of fish is an important indicator. Fresh fish exhibit vibrant and uniform colors, while spoiled fish show opaque, faded, or spotted colors. The analysis of color allows consumers, traders, and professionals in the food industry to quickly identify good-quality fish and avoid consuming spoiled products. Color analysis can include visual evaluation, spectrophotometric analysis, colorimetry, and even computer vision analysis. Colorimetry stands out for its simplicity and accessibility, making it ideal for small laboratories and companies. It is based on international standards. Therefore, is considered a validated and reliable method for use. Additionally, its operation is straightforward, making it easy to use even for users without deep technical knowledge. However, colorimetry has some limitations. Point analysis is limited to a single point, making it impossible to evaluate color variability throughout the fish. The manual process can be time-consuming and susceptible to variability among operators. Furthermore, the lack of visualization limits the identification of areas with subtle color changes. Computer vision offers a comprehensive analysis of fish color in a single image, providing detailed information about color variability. Automation of the process reduces time and variability among operators. The generation of images and graphs facilitates color visualization and the identification of areas with subtle changes. Flexibility allows for analyzing different color characteristics, such as hue, saturation, brightness, and, in more specific cases, texture. It is also worth noting that, in the computer vision model, images can be digitally stored or in the cloud, allowing them to be reviewed whenever necessary.

AIMS

The aim of this study was to investigate the advantages of using computer vision in analyzing the fresco of Nile tilapia fillets. In order to observe the efficiency of the method, the tilapia fillets were added with different essential oils (cinnamon, oregano, rosemary and thyme), in different concentrations (0.4%, 0.8%, and 1.0% (v/w), seeking to understand, through computer vision, their effects on preserving the color and freshness throughout the storage time.

MATERIAL AND METHODS

Nile tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*) were used, portioned into 100 g samples, with each sample analyzed in triplicate. The essential oils used were: cinnamon oil (*Cinnamomum zeylanicum*), oregano oil (*Origanum vulgare*), rosemary oil (*Rosmarinus officinalis*) and thyme oil (*Thymus vulgaris*). The essential oils were added directly to the fillets at concentrations of 0.4%, 0.8%, and 1.0% (v/w), with the amounts calculated based on the mass of the fillets. The fillets were kept under refrigeration (4° C) and analyzed at different storage times (0 to 10 days). For image capture, a black box was constructed, measuring 60 cm in length, 30 cm in height, and 32 cm in width, with two holes in the top (one for image capture and the other for positioning the light) and a frontal opening. Images were captured using a Samsung smartphone with a 64-megapixel camera, resolution of 9000 x 7000 pixels for capturing and 3840 x 2160 pixels for storage. Images were collected from day zero (day of slaughter) until day 10, once a

day, always at the same time, and then stored under refrigeration. The images were stored in folders on the computer for later analysis. For color determination, two techniques were combined: computer vision, used for image capture to record the evolution of the samples over the ten days of the experiment, and manual pixel acquisition, using a specialized website for this purpose. Subsequently, this capture, which was in RGB, was converted to *Lab* using mathematical formulas that simulate matrices. Statistical analysis of the data collected from image fragments was performed using the Shapiro-Wilk and Levene tests. Descriptive statistics were calculated using mean and standard deviation. The effects of the oils were tested using two-way ANOVA procedures, considering the day analyzed (0 to 10 days) as the repeated factor and the experimental condition as the between-group factor (oil concentration vs. control condition). Bonferroni correction was used for post hoc comparisons. For these analyses, the different oils were tested independently, and each concentration was compared with the control condition separately. All inferences were made with a significance level set at $p < 0.05$. Statistical analyses were performed using JASP software (version 23.14.1), and figures were created using Origin 8.0 software (MicroCal, Origin Lab, Northampton, MA, USA). Subsequently, to compare the images obtained during the research, the Mean Squared Error (MSE) method was used. This method uses only the reference object, comparing each pixel of the reference image with the corresponding pixel of the control image, eliminating noise that could impact the comparator's processing. During processing, a control image (fish fillet obtained immediately after slaughter, on day 0, without the addition of essential oils) was determined as the reference for the comparator, to be used as a "standard sample".

RESULTS AND DISCUSSION

Regarding the effects of oil inclusion, it is possible to observe that, in rosemary oil, the Lightness (L^*) values remained unchanged compared to the control. For redness (a^*), significant effects were obtained regardless of the applied concentration, and yellowness (b^*) values were lower than the control at concentrations of 0.8% and 0.4%. In relation to cinnamon oil, the L^* values were not affected, and significant effects were observed for a^* regardless of the concentration used, with values lower than the control. For b^* , the effects of oil levels were observed only at the 0.8% concentration. Oregano oil showed significant effects on L^* values, specifically when concentrations of 1.0% and 0.8% were used. For a^* , effects were observed in oil levels only when the concentration was 1.0%, inducing higher values compared to the control. For b^* , all concentrations had effects on oil levels, inducing lower values. Thyme oil, on the other hand, did not affect the L^* values among oil levels or compared to the control treatment. For a^* values, thyme oil at concentrations of 1.0% and 0.8% induced higher values. For b^* , effects were observed when concentrations of 1.0% and 0.8% were used. Considering the oils used (oregano, cinnamon, rosemary and thyme) and their respective concentrations (0.4%, 0.8%, and 1.0%), although there were interactions between time and treatments, there were no statistically differences in the interaction between them. However, it is known that the differences observed between the samples may be related to individual characteristics of each group, but not to a specific interaction between these groups. Therefore, it is not possible to conclude that a specific concentration of a certain oil was responsible for the increase or decrease in the color parameters evaluated (L , a^* , and b^*) on any of the days in question (from 1 to 10). However, a factor that may have contributed to the lack of difference between the interactions is the manual way in which the pixel captures were performed. The points collected in the captured images were done manually, simulating what is commonly observed in laboratories by colorimeters. Since these points are chosen randomly, they may not represent the sample as a whole, which directly impacts the impossibility of obtaining a total result from the captured image. Regarding time (days of the experiment), rosemary oil for L^* values showed significant effects at a concentration of 0.4% on days 1, 2, and 3, with higher values than the last days of the experiment (8, 9, and 10). For a^* , there was no effect of time. For b^* ,

all concentrations showed a time effect. Regarding cinnamon oil, time effects were observed for L* values, regardless of the concentration used. During the evaluation period (from day 0 to day 10), cinnamon oil had no effect on a* values. For b* values, time effects were observed at concentrations of 1.0% and 0.4%. For oregano oil, only the 0.8% concentration showed a temporal effect on L* values. For b* values, all concentrations showed time effects. In thyme oil, time effects were observed for L* values, regardless of the concentration used. For b* values, all concentrations showed time effects. Considering these results, the Mean Squared Error (MSE) test was performed to evaluate which of the treatments was closest in color and freshness to the control (sample from day zero, without oil addition). Thus, the treatment that most resembled the control was the sample from day 6, containing 0.4% rosemary oil. Rosemary oil is known to have antioxidant and antimicrobial properties. Therefore, the test was precise in indicating which of the samples most closely resembled the control (considered the freshest, with the shortest slaughter time and free of essential oils), which does not mean that the other samples did not show any similarity. Regarding concentration, it is noticeable that in small quantities, essential oils can be quite beneficial, while at high concentrations, they may exhibit pro-oxidant effects, which would justify the 0.4% concentration being the one that best preserves the sample.

CONCLUSION

The study demonstrated that essential oils, especially rosemary oil at a concentration of 0.4% (v/m), were effective in maintaining the color and, consequently, the freshness of Nile tilapia. The manual pixel collection method has weaknesses and is equivalent to the use of a colorimeter. The combination of the manual method and the use of computer vision proved to be more efficient than the former alone. When analyzing the samples using the Mean Squared Error (MSE) method, it was possible to determine which treatment was most similar to the control sample (fresh), with the highest similarity found on day 6 in the sample containing 0.4% rosemary oil. This method demonstrated greater precision and accuracy when seeking the greatest similarity between samples. Therefore, computer vision has the potential to be implemented in the analysis of food freshness, especially for rapidly deteriorating foods like fish. This method is fast, easy, and allows for subsequent analysis of images. Thus, its implementation is feasible in the food industry.

Keywords: CieLab, image processing, *Oreochromis niloticus*

RESUMO GERAL

INTRODUÇÃO

O peixe é um alimento rico em ácido graxo ômega 3 e 6, sendo seu consumo indicado para a prevenção de doenças cardiovasculares, inflamatórias e cognitivas. O peixe da espécie tilápia-do-nilo é amplamente consumido em todo o mundo, incluindo o Brasil. Ocorre que, por conta de sua alta perecibilidade, estudos vêm sendo realizados para que sua vida de prateleira aumente, sem que sua qualidade seja comprometida. Os óleos essenciais, como o de alecrim, canela, orégano e tomilho, tendo em vista que sua capacidade antioxidante e antimicrobiana que auxiliam no aumento da vida de prateleira dos alimentos. Com relação a qualidade e frescor, a cor dos peixes é um indicador importante. Peixes frescos apresentam cores vibrantes e uniformes, enquanto peixes estragados apresentam cores opacas, desbotadas ou com manchas. A análise da cor permite aos consumidores, comerciantes e profissionais da indústria alimentícia identificar rapidamente peixes de boa qualidade e evitar o consumo de produtos estragados. A análise de cor pode incluir: avaliação visual, espectrofotométrica, por colorímetros e, ainda, por análise de visão computacional. O colorímetro se destaca pela simplicidade e acessibilidade, tornando-o ideal para pequenos laboratórios e empresas. É baseada em padrões internacionais e, por conta disso, é considerado um método validado e confiável para uso. Além disso, sua operação é simples, facilitando o seu uso, mesmo para usuários sem conhecimentos técnicos aprofundados. No entanto, o colorímetro apresenta algumas limitações. A análise pontual restringe-se a um único ponto, impossibilitando a avaliação da variabilidade da cor em todo o peixe. O processo manual pode ser demorado e suscetível à variabilidade entre operadores. Além disso, a falta de visualização limita a identificação de áreas com alterações sutis de cor. A visão computacional oferece uma análise completa da cor do peixe em uma única imagem, fornecendo informações detalhadas sobre a variabilidade da cor. A automação do processo reduz o tempo e a variabilidade entre operadores. A geração de imagens e gráficos facilita a visualização da cor e a identificação de áreas com alterações sutis. A flexibilidade permite analisar diferentes características da cor, como matiz, saturação, luminosidade e, em casos mais específicos, a textura. Cabe ressaltar ainda que, no modelo de visão computacional, as imagens podem ficar armazenadas digitalmente ou em nuvem, podendo ser revistas sempre que necessário.

OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa foi investigar o uso da visão computacional na análise colorimétrica associada ao frescor de filés de tilápia-do-nilo com adição de diferentes óleos essenciais em diferentes concentrações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), porcionados em amostras de 100g cada, sendo realizada a análise em triplicata de cada amostra (controle, 0,4%, 0,8% e 1,0% de cada um dos quatro óleos essenciais). Os óleos essenciais utilizados foram alecrim (*Tosmarinus officinalis*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), orégano (*Origanum vulgare*) e tomilho (*Thymus vulgaris*). Imediatamente após filetados, foram separadas as amostras controle (sem adição de óleos essenciais) das amostras que receberiam os óleos. As concentrações de 0,4%, 0,8% e 1,0% (v/m) de óleos essenciais foram calculadas de acordo com a massa dos filés e foram adicionados diretamente em cada filé através de micropipetas. Os filés foram mantidos sob refrigeração (4° C) e analisadas em diferentes tempos de armazenamento (0 a 10 dias). Para

a captação das imagens, foi construída uma caixa na cor preta, com 60 cm de comprimento, 30 cm de altura e 32 cm de largura com dois orifícios na parte superior (uma para captação das imagens e outra, para posicionamento da luz) e uma abertura frontal. As imagens foram captadas por um celular da marca Samsung, câmera de 64 megapixels, resolução de 9000 x 7000 *pixels* e resolução de 3840 x 2160 *pixels*. As imagens foram coletadas do dia zero (dia do abate) até o dia 10, uma vez ao dia, sempre no mesmo horário (18:30 horas) e, posteriormente armazenadas sob refrigeração. As imagens foram então armazenadas em arquivos de computador para posterior análise. Para a determinação da cor foram combinados o uso de duas técnicas: a obtenção manual de *pixels* e análise estatística dos dados coletados e a análise comparativa de imagens por visão computacional. Inicialmente, foi realizada a captura de imagens, registrando-se a evolução das amostras durante os dez dias de experimento e a de obtenção manual de *pixels*, utilizando-se um site especializado nessa captação. Em seguida, foi realizada a conversão dessa captação, que estava em RGB em L*, a* e b*. O RGB é uma sigla em inglês que se refere às cores Red, Green, Blue (vermelho, verde e azul), é um sistema de cores encontrado em computadores, televisores e telas em geral, o qual combina as cores vermelho, verde e azul a fim de obter diversas outras cores em intensidades e tonalidades, criando cores diferentes em uma escala de 0 a 255. O L*, a* e b*, por sua vez, é um sistema de cores que se assemelha mais à visão humana, este sistema, o L: Luminância, varia de 0 (preto) a 100 (branco), a*: é a variação do verde (coordenadas negativas) ao vermelho (coordenadas positivas e o b*: é a variação do azul (coordenadas negativas) e amarelo (coordenadas positivas). A conversão foi feita por meio de fórmulas matemáticas que simulam matrizes. A análise estatística dos dados coletados dos fragmentos da imagem, foram realizadas através do teste de Shapiro-Wilk e Levene. A estatística descritiva foi calculada por meio de média e desvio padrão. Os efeitos do óleo foram testados por meio de procedimentos ANOVA two-way, considerando o dia analisado (0 a 10 dias) como fator repetido e a condição experimental como fator entre grupos (concentração de óleo vs. condição controle). A correção de Bonferroni foi usada para comparações post hoc. Para estas análises, os diferentes óleos foram testados de forma independente e cada concentração foi comparada com a condição controle separadamente. Todas as inferências foram realizadas com nível de significância estabelecido em $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas no software JASP (versão 23.14.1) e os números foram criados no software Origin 8.0 (MicroCal, Origin Lab, Northampton, MA, EUA). Após, utilizando-se da visão computacional para comparar as imagens obtidas durante a pesquisa, foi usado o método Mean Squared Error (MSE). Este método utiliza apenas o objeto de referência, comparando cada *pixel* da imagem de referência com o *pixel* correspondente da imagem de controle, eliminando o ruído que poderia impactar no processamento do comparador. Durante o processamento, foi determinada uma imagem controle (filé de peixe obtido imediatamente após o abate, no dia 0, sem adição de óleos essenciais) como referência para o comparador, para que pudesse ser utilizada como “amostra padrão”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão do óleo de alecrim não alterou os valores de L* (luminosidade) quando comparados ao controle. Para a* (tom de vermelho) se obteve efeitos significativos, independente da concentração aplicada. Os valores de b* foram inferiores ao controle nas concentrações 0,8% e 0,4%. Em relação ao óleo de canela, os valores de L* (luminosidade) não foram afetados, para a* foram observados efeitos independentes da concentração utilizada, com valores inferiores em relação ao controle. Para b*, os efeitos dos níveis de óleo foram observados apenas na concentração de 0,8%. O óleo de orégano demonstrou nos valores de L* efeitos significativos nos níveis de óleo, especificamente quando utilizadas as concentrações de 1,0% e 0,8%. Para a*, foram observados efeitos nos níveis de óleo apenas quando a concentração foi de 1,0%, induzindo valores superiores em relação ao controle. Para b*, todas as concentrações tiveram efeitos nos níveis de óleo, induzindo valores mais baixos. O óleo de tomilho, por sua vez, não

afetou os valores de L^* (Luminosidade) entre os níveis de óleo ou comparados ao tratamento controle. Para valores a^* , os níveis de óleo de 1,0% e 0,8% o uso do óleo de tomilho induziu valores maiores. Para b^* , foram observados efeitos quando utilizadas as concentrações de 1,0% e 0,8%. Considerando os óleos utilizados (alecrim, canela, orégano e tomilho) e suas respectivas concentrações (0,4%, 0,8% e 1,0%), mesmo havendo interações entre tempo e tratamentos, não houve diferenças estatisticamente significativas na interação entre eles. Entretanto, é sabido que as diferenças observadas entre as amostras podem estar relacionadas às características individuais de cada grupo, mas não a uma interação específica entre esses grupos. Portanto, não é possível concluir que uma concentração específica de determinado óleo tenha sido responsável pelo aumento ou diminuição dos parâmetros de cor avaliados (L , a^* e b^*) em qualquer um dos dias em questão (de 1 a 10). Entretanto, um fator que pode ter contribuído para a falta de diferença entre as interações é a forma manual como foram realizadas as capturas dos pixels. Os pontos coletados nas imagens capturadas foram realizados manualmente, simulando o que é comumente observado em laboratórios por colorímetros. Como esses pontos são escolhidos aleatoriamente, podem acabar não representando a amostra como um todo, o que impacta diretamente na impossibilidade de obter um resultado total da imagem capturada. Em relação ao tempo (dias do experimento), o óleo de alecrim para L^* apresentou efeitos na concentração de 0,4% nos dias 1, 2 e 3, apresentando valores maiores que os últimos dias de experimento (8, 9 e 10). Para a^* não houve efeito do tempo. Para b^* , todas as concentrações apresentaram efeito de tempo. Quanto ao óleo de canela, foram observados efeitos de tempo para valores de L^* , independente da concentração utilizada. Durante o período de avaliação (do dia 0 ao dia 10), o óleo de canela não teve efeito nos valores de a^* . Para valores de b^* , foram observados efeitos de tempo nas concentrações de 1,0% e 0,4%. Já o óleo de orégano, apenas a concentração de 0,8% apresentou efeito temporal em L^* . Para b^* todas as concentrações tiveram efeitos de tempo. No óleo de tomilho, foram observados efeitos de tempo para os valores de L^* , independente da concentração utilizada para valores de b^* , todas as concentrações apresentaram efeitos de tempo. Em relação ao tempo (dias do experimento), o óleo de alecrim para L^* apresentou efeitos na concentração de 0,4% nos dias 1, 2 e 3, apresentando valores maiores que os últimos dias de experimento (8, 9 e 10). Para a^* não houve efeito do tempo. Para b^* , todas as concentrações apresentaram efeito de tempo. Considerando estes resultados, foi realizado o teste de MSE (Mean Squared Error), para avaliar qual dos tratamentos estava mais próximo em coloração e frescor em relação ao controle (amostra do dia zero, sem adição de óleo). Assim, o tratamento que mais se assemelhou ao controle, foi a amostra do dia 6, contendo 0,4% de óleo de alecrim. O óleo de alecrim é conhecido por apresentar propriedades antioxidantes e antimicrobianas. O teste foi, portanto, preciso ao apontar qual das amostras mais apresentou similaridade com o controle (considerada a mais fresca, com menor tempo de abate e isenta de óleos essenciais), o que não quer dizer que as demais amostras não tenham apresentado alguma semelhança. Em relação a concentração, percebe-se que em pequenas quantidades, os óleos essenciais podem ser bastante benéficos, enquanto em concentrações elevadas, podem apresentar efeitos pró-oxidantes, o que justificaria a concentração de 0,4% ser a que mais preserva a amostra.

CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que os óleos essenciais, em especial o óleo de alecrim na concentração de 0,4% (v/m), foi eficaz na manutenção de cor e, conseqüentemente, frescor da tilápia-do-nilo. O método manual de coleta de *pixels* possui fragilidades, sendo equivalente ao uso do colorímetro. A combinação do método manual e o uso da visão computacional se mostrou mais eficiente que o primeiro isoladamente. Ao se analisar as amostras por meio do método MSE (*Mean Squared Error*), pode-se verificar qual dos tratamentos era mais semelhante com a amostra controle (frescor), sendo a maior similaridade encontrada no dia 6, na amostra contendo 0,4% de óleo de alecrim. Este método demonstrou maior precisão e exatidão, quando o que se

procura é a maior semelhança entre as amostras. Portanto, a visão computacional tem potencial para ser implementada na análise de frescor de alimentos, principalmente àqueles de rápida deterioração em o peixe, sendo este método rápido, fácil e com possibilidade de análise posterior das imagens. Assim, sua implementação é viável na indústria de alimentos.

Palavras-chave: CieLab, *Oreochromis niloticus*, processamento de imagens

Article

Uso da visão computacional na análise colorimétrica da tilápia-do-ilo (*Oreochromis niloticus*) adicionada de óleos essenciais de timol (tomilho), orégano, alecrim e canela

Styphanie Natasha Medina Terra ⁽¹⁾;

Melina Aparecida Plastina Cardoso⁽¹⁾;

Júlio Cesar Nogueira⁽²⁾;

Ivanor Nunes do Prado⁽¹⁾;

Ricardo Pereira Ribeiro⁽¹⁾;

⁽¹⁾*Departament of Food Science, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brazil.*

⁽²⁾*Faculdade VINCIT, Av. João Paulino Vieira Filho, 870 Primeiro andar, Sala 11 a 14 - Centro, Maringá, Paraná, Brazil.*

Endereços de e-mail:

styphanieamt@gmail.br;

melina_cardoso@msn.com;

julio.nogueira@outlook.com;

inprado@uem.br.

rpribeiro@uem.br;

Resumo

O objetivo da pesquisa foi investigar o uso da visão computacional na análise colorimétrica associada ao frescor de filés de tilápia-do-nilo com adição de diferentes óleos essenciais em diferentes concentrações. Os pescados foram filetados em porções de 100 gramas. Os tratamentos foram: CONT (sem adição de óleos essenciais), T 0.4 (adição de 0.4% de óleos essenciais), T 0.8 (adição de 0.8% de óleos essenciais) e T 1.0 (adição de 1.0% de óleos essenciais). Os filés foram estocados durante 10 dias, em geladeira a 4.0° C. Os óleos essenciais usados foram, alecrim, canela, orégano e tomilho. Primeiramente, as variáveis de cor (L, a* e b*) foram determinadas manualmente. Neste caso, os tratamentos não tiveram influência ($P > 0.05$) nas propriedades da cor. Entretanto, quando utilizado uma metodologia de comparação entre as imagens (MSE), a amostra com adição de 0,4% de óleo de alecrim, no dia 6, apresentou semelhança ($P > 0.05$) com o controle (sem adição de óleo, logo após o abate). A adição de óleos essenciais apresentou características vantajosas sob o tempo de armazenamento de filés de pescado. O uso da visão computacional mostrou-se uma opção viável como um método para o controle de qualidade de pescados.

Termos para indexação: CieLab, *Oreochromis niloticus*, processamento de imagens

Introdução

O peixe é considerado altamente perecível devido à sua composição em água, proteínas, lipídios, minerais e vitaminas (Ayodeji Ahmed, 2020). Devido à rápida perecibilidade dos peixes, a indústria alimentícia vem aperfeiçoando métodos de preservação para reduzir a oxidação lipídica e proteica e a contaminação microbiana, para que o pescado tenha tempo maior vida de prateleira (Nie et al., 2022).

Os métodos convencionais mais comuns para a preservação dos peixes incluem: refrigeração, congelamento, salga, defumação, conservas, fermentação, entre outros (Cribb et al., 2018; Presenza et al., 2023). Atualmente, outros métodos estão sendo testados com o objetivo de aumentar a vida de prateleira dos alimentos, dentre eles o uso de óleos essenciais (Rivaroli et al., 2016; Vital et al., 2016; Vital et al., 2018; Torrecilhas et al., 2021; Vital et al., 2021).

Os óleos essenciais possuem propriedades antimicrobianas e antioxidantes, sendo reiteradamente testados como aditivos na indústria de alimentos. No entanto, a escolha e o uso de óleos essenciais acabam sendo um desafio, pois seu aroma e sabor devem ser cuidadosamente considerados (Vital et al., 2016). Devido às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes, os óleos essenciais são benéficos para a saúde humana e não são prejudiciais ao meio ambiente (Konfo et al., 2023).

Diante de suas características sensoriais e baixa solubilidade na água, vários métodos foram testados para incorporar óleos essenciais nos pescados de forma segura e homogênea. Esses métodos incluem marinadas, processamento de alta pressão, encapsulamento,

embalagem em atmosfera modificada, embalagem ativa e aplicação direta do óleo no alimento (Nie et al., 2022; Posgay et al., 2022).

Uma das maneiras de se verificar a qualidade e frescor de pescado é pela sua cor. A cor é considerada o primeiro impacto sensorial causados aos olhos do consumidor, sendo uma característica determinante no momento da sua compra (Monteschio et al., 2020; Matos et al., 2023). O colorímetro é um instrumento amplamente utilizado na indústria da carne para avaliação da cor (Teixeira et al., 2021; Lima et al., 2022).

Este dispositivo é considerado capaz de medir a cor de substâncias ou produtos, quantificando-os numericamente com base em parâmetros como luminosidade, tonalidade e saturação. No entanto, suas principais interferências podem incluir variações na iluminação ambiente, sujeira na superfície do material a ser medido, variações no manuseio do equipamento, bem como a influência de pigmentos ou substâncias químicas adicionadas ao produto, o que pode afetar a leitura precisa da cor. Além disso, avalia apenas uma pequena parcela da amostra escolhida subjetivamente pelo pesquisador, sendo considerado um método impreciso (Tomasević et al., 2019).

Por outro lado, a visão computacional tem sido explorada como uma alternativa confiável, rápida, de baixo custo, não destrutiva e não invasiva para a análise de produtos alimentícios. Esta técnica requer apenas uma única medição para avaliar toda a amostra. As imagens digitais são capazes de capturar informações gerais sobre alimentos e armazenar seus dados para transformá-los em um sistema de medição de cores multivariado. Os dados resultantes da análise podem ser armazenados no sistema e revisados sempre que necessário (Cardoso et al., 2022). Usando a visão computacional, o computador é habilitado para perceber, analisar e entender as imagens fornecidas. Pode ser usado em várias áreas, incluindo a indústria alimentar. Desta forma, a máquina pode ser "ensinada" a entender o que é essencial na imagem e, dada sua confiabilidade, pode ser utilizada para controle de qualidade e coleta de dados (Ettalibi et al., 2024).

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a eficiência da visão computacional na análise do frescor de pescados. Assim, os filés de tilápia foram adicionados de diferentes óleos essenciais, em diferentes concentrações, buscando compreender, por visão computacional, seus efeitos na preservação da cor e o frescor ao longo do tempo de armazenamento.

Material e métodos

Comitê de ética, coleta de amostras e óleos essenciais utilizados

Este experimento foi aprovada pelo Comitê de Ética da UEM (Processo nº CEUA – 3526150623).

Os filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) foram obtidos do programa de melhoria genética da Tilamax - TILAMAX/UEM. Os peixes foram abatidos e os dois filés foram utilizados no experimento. Os filés foram porcionados em amostras de 100 gramas, sendo separado uma amostra em triplicata sem adição de óleo (grupo controle) e amostras em triplicata para cada um dos quatro óleos essenciais adicionados.

Os óleos essenciais utilizados foram: Alecrim *Tosmarinus officinalis* (OA); Canela *Cinnamomum zeylanicum* (OC), produzido no Brasil pela Engetec, lote: 501 G140033; Orégano *Origanum vulgare* (OO), produzido e importado da Moldávia, lote 236, produzido e importado da Tunísia por Ferquima, lote: 160 e; Tomilho *Thymus vulgaris* (OT), produzido e importado de Espanha pela Ferquima, lote: 189.

A adição de óleos essenciais foi realizada de acordo com Goulas & Kontominas (2007). Primeiro, as concentrações de 0,4%, 0,8% e 1,0% (v/m) de óleos essenciais foram calculadas de acordo com a massa dos filés (100g), conforme recomendado na literatura (Lima, 2020;

Jackson-Davis et al., 2022). Em seguida, os óleos essenciais foram diretamente adicionados à superfície de cada filé, utilizando-se micropipetas (μ l) para a obtenção de 0,4%, 0,8% e 1% de volume de óleo por peso de peixe (v/p), de acordo com estudos realizados por Goulas e Kontominas (2005). As amostras dos filés (100g) foram armazenados em bandejas de poliestireno preto, mantidos sob refrigeração (4° C), e analisados em diferentes tempos de armazenamento (0 a 10 dias) (Cardoso et al., 2022).

Equipamento (caixa) para isolamento de amostras e captura de imagens

Para a obtenção das imagens foi construída uma caixa com base na metodologia proposta por Girolami et al. (2013), com algumas adaptações (Cardoso et al., 2022). A caixa foi fabricada na cor preta, com 60 cm de comprimento, 30 cm de altura e 32 cm de largura. Foram feitos dois furos na parte superior (um para captura de imagem e outro para posicionar a luz), deixando uma abertura frontal para que as amostras pudessem ser facilmente colocadas e removidas. A abertura foi feita com a possibilidade de total fechamento durante a captura de imagem. Tanto a câmera quanto a fonte de luz são colocadas ortogonalmente e a 30 cm (altura da caixa) das amostras para a imagem, com a iluminação posicionada a 2 cm da câmera.

Para a captura das imagens foi utilizado um celular da marca Samsung com uma câmera de 64 megapixels, resolução de 9000 x 7000 pixels e resolução de 3840x2160 pixels foi usado para captura de imagem. O zoom e o flash não foram necessários e não foram utilizados (Girolami et al. 2013).

As imagens foram capturadas seguindo o método proposto por Cardoso et al. (2023) e Lima (2020). As amostras foram posicionadas em local demarcado dentro da caixa. Com especificação da amostra e dia de coleta. Foram então obtidas duas imagens de cada amostra para posterior avaliação. As imagens foram capturadas do dia zero (o dia do abate – sem a adição de óleos para o grupo controle e logo após a adição dos óleos nos demais grupos) até o

dia 10, uma vez por dia, sempre ao mesmo horário (18:30 horas) e depois armazenadas sob refrigeração (4° C). As imagens foram então armazenadas em formato de foto (JPG) em uma pasta no computador para posterior análise.

Determinação da cor

A pesquisa se utilizou de dois métodos para a avaliação da eficiência do uso da visão computacional na análise de frescor de pescados. Primeiramente, houve a análise combinada da visão computacional (foto obtida por celular) com a coleta manual de pixels (Color Picker) para a obtenção de cor. A coleta manual conseguiu obter os valores de RGB, os quais foram transformados em L, a* e b*, através de fórmulas matemáticas que simulam matrizes. A partir daí, foi possível analisar estatisticamente os valores obtidos, a fim de verificar a viabilidade de usar a visão computacional apenas como um apoio, ou seja, apenas com a obtenção e armazenamento de imagens (Cardoso et al., 2022).

RGB e L, a* e b*

Seguindo as diretrizes de Lima (2020), foi utilizado um site especializado para a extração manual de pixels, o Color Picker. No site, as imagens dos filés de tilápia-do-nilo foram baixadas, oportunidade em que foram escolhidos dez pixels e colhidos os valores de RGB. Os valores de RGB capturados foram então convertidos para L, a* e b*, utilizando fórmulas matemáticas que simulam matrizes (Cardoso et al., 2022).

RGB é um modelo de cores em que R significa a cor vermelha (*red* em inglês), G é verde (do inglês *green*) e B é azul (*blue* em inglês). Este modelo se utiliza destas três cores para combiná-las em intensidades diferentes, podendo criar uma gama de outras cores. É bastante

utilizada em dispositivos digitais, como monitores de computadores, televisores e câmeras digitais, onde a cor é criada pela emissão de luz.

O modelo L, a^* e b^* , por sua vez, são entendidos da seguinte forma: "L" representa luminosidade, percebida em uma escala de 0 a 100, onde 0 é preto e 100 é branco. "a" e "b" representam as cores vermelho, verde, azul e amarelo, que são as quatro cores percebidas pela visão humana. Assim, "a" expressa a coloração verde quando em um quadrante negativo e a cor vermelha quando positiva. "b", por sua vez, expressa a coloração azul no quadrante negativo e a coloração amarela no positivo (Berns, 2014). É um modelo mais semelhante a visão humana.

Análise estatística dos dados coletados do fragmento de imagem

Obtidos os valores de L, a^* e b^* , a normalidade e homogeneidade dos dados foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. As estatísticas descritivas foram calculadas utilizando a média e o desvio padrão. Os efeitos do óleo foram testados utilizando-se os procedimentos ANOVA de duas vias, considerando o dia analisado (0 a 10 dias) como fator repetido e a condição experimental como fator entre grupos (concentração de óleo vs. condição de controle). A correção de Bonferroni foi utilizada para comparações *post hoc*. Para essas análises, os diferentes óleos foram testados de forma independente e cada concentração foi comparada à condição de controle separadamente. O tamanho do efeito (ES) foi determinado utilizando-se os valores quadrados de eta ($\eta^2 > 0,14$ grande, 0,06 a 0,13 médio, 0,01 a 0,05 pequeno) e menor que 0,01 (Fritz et al., 2012). Todas as inferências foram feitas com nível de significância definido em P menor que 0,05. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software JASP (versão 23.14.1) e as figuras foram criadas usando o software Origin 8,0 (MicroCal, Origin Lab, Northampton, MA, EUA) (Fritz et al., 2012).

Metodologia de comparação de imagens - método de erro quadrado médio (MSE)

Diante dos resultados obtidos por análise estatística, as imagens arquivadas via visão computacional foram analisadas através do método *Mean Squared Error* (MSE). Na visão computacional, o MSE é frequentemente utilizado como uma métrica para medir a diferença entre duas imagens, nos quais os valores mais próximos a zero são os melhores (Sara et al., 2019).

Este método utiliza apenas o objeto de referência, comparando cada *pixel* na imagem de referência com o pixel correspondente na imagem de controle, eliminando o ruído que poderia afetar o processamento do comparador. MSE é um dos algoritmos mais comuns para medir a qualidade da imagem, onde os valores mais próximos de zero são os ideais.

O método de cálculo é dado pela seguinte fórmula:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} [f(n,m) - g(n,m)]^2$$

Durante o processamento, uma imagem de controle (filé de peixe obtido imediatamente após o abate, no dia 0, sem adição de óleos essenciais) foi determinada como referência para o comparador, para que pudesse ser utilizada como "amostra padrão".

Resultados

Análise Estatística - Efeito dos níveis de inclusão

Óleo de alecrim: Os valores de luminosidade (L^*) permaneceram inalterados ($P > 0,05$) com a aplicação de óleo de alecrim (amostras de 0,4, 0,8 e 1,0%) quando comparados ao tratamento controle (Tabela 1). Para a variável a^* (tom de vermelho), foram observados efeitos ($P < 0,05$) independentemente da concentração aplicada ($ES = \text{médio}$). Todas as concentrações apresentaram valores maiores ($P < 0,05$) que o tratamento controle. No entanto, os efeitos dos

níveis foram observados para as concentrações de 0,8% e 0,4% (ES = pequeno), sendo os resultados de b^* inferiores ao controle utilizando estas concentrações.

Óleo de canela: Os valores de L^* (luminosidade) não foram alterados ($P > 0,05$) pelos níveis de óleo de canela aplicados nas amostras e comparados ao tratamento controle (Tabela 2). Os efeitos dos níveis de óleo foram observados para valores a^* , independentemente da concentração utilizada (ES = Pequeno). Todas as concentrações induziram menores valores ($P < 0,05$) em relação ao controle. Para b^* , os efeitos dos níveis de óleo foram observados apenas na concentração de 0,8% (ES = pequeno), com o uso de óleo de canela induzindo menores valores ($P < 0,05$).

Óleo de orégano: Para os valores de L^* foram observados efeitos nos níveis de óleo, especificamente quando foram utilizadas as concentrações de 1,0% e 0,8% (ES = Pequeno e Médio). Para os valores a^* foram observados efeitos dos níveis de óleo ($P < 0,05$) somente quando a concentração foi de 1,0% (ES = Médio). Assim, o uso de 1% de óleo de orégano induziu maiores valores ($P < 0,05$) em relação ao controle. Para b^* , adicionalmente, todas as concentrações apresentaram efeitos nos níveis de óleo (ES = Médio), induzindo menores valores ($P < 0,05$).

Óleo de tomilho: A aplicação de óleo de tomilho em diferentes níveis (0,4, 0,8 e 1,0%) não afetou ($P > 0,05$) os valores de L^* (luminosidade) entre os níveis de óleo ou em comparação com o tratamento CONT. Para os valores a^* , os níveis de óleo de 1,0% e 0,8% tiveram efeito ($P < 0,05$) (ES = Grande). Com o uso de óleo de tomilho induzindo maiores valores ($P < 0,05$). Para os efeitos dos níveis de óleo b^* ($P < 0,05$) foram observados quando as concentrações de 1,0% e 0,8% foram utilizadas.

Análise Estatística - Efeito do tempo (dias)

Óleo de alecrim: Para L^* , efeitos relacionados ao tempo foram observados somente quando o óleo de alecrim foi aplicado na concentração de 0,4% (ES = Grande). ($P < 0,05$). O teste *post hoc* mostrou que os dias 1, 2 e 3 apresentaram valores superiores aos observados nos dias 9 e 10. Adicionalmente, os valores nos dias 1 e 2 também foram superiores aos valores observados no dia 8 (Tabela 1). Para a^* , não houve efeito do tempo ($P > 0,05$) (de 0 a 10 dias) sobre os valores de a^* quando o óleo de alecrim foi utilizado como aditivo (Tabela 1). Para valores de b^* , todas as concentrações apresentaram efeitos temporais (ES = Grande). Quando a concentração de 1,0 % foi utilizada, o dia 8 apresentou maiores valores ($P < 0,05$) em comparação aos valores observados entre o dia 1 e o dia 5. A concentração de 0,4% induziu maiores valores ($P < 0,05$) no dia 8 em comparação aos valores observados nos dias 1 e 4 (Tabela 1).

Óleo de canela: Foram observados efeitos temporais para valores de L^* independentemente da concentração utilizada (ES = Pequeno). Para a concentração de 1%, o dia 9 foi menor ($P < 0,05$) que os dias 1 e 5. Utilizando a concentração de 0,8%, os dias 8 e 9 foram menores ($P < 0,05$) que o dia 2. Finalmente, a concentração de 0,4% induziu menores valores ($pP < 0,05$) no dia 10 em comparação com o dia 2 (Tabela 2). Durante o período de avaliação (do dia 0 ao dia 10), o óleo de canela não teve efeito ($P > 0,05$) sobre os valores a^* . Para valores de b^* foram observados efeitos temporais nas concentrações de 1,0% e 0,4% (ES = Grande). Utilizando-se 1,0%, os valores nos dias 8 e 9 foram superiores ($P < 0,05$) aos observados no dia 1. Adicionalmente, os valores no dia 8 também foram maiores ($P < 0,05$) que os observados no dia 2.

Óleo de orégano: Apenas a concentração de 0,8% apresentou efeito temporal (ES = Pequeno) para os valores de L^* . O teste *post hoc* não identificou diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Todas as concentrações apresentaram efeitos temporais ($P < 0,05$) para os valores de b^* (ES = Médio e Grande). Utilizando a concentração de 1,0%, o dia 9 apresentou valores maiores ($P < 0,05$) que o dia 1. O teste *post hoc* não observou outras diferenças ($P > 0,05$).

Óleo de tomilho: Foram observados efeitos temporais para valores de L*, independentemente da concentração utilizada (ES = Pequeno a Médio). Para a concentração de 1,0%, o dia 10 foi menor ($P < 0,05$) que o dia 2. Na concentração de 0,4%, o dia 9 foi menor ($P < 0,05$) do que no dia 2, e na concentração de 0,8%, o dia 10 foi menor ($p < 0,05$) que o dia 1. Para b*, todas as concentrações apresentaram efeitos temporais (ES = Grande). Quando a concentração de 1,0% foi utilizada, o dia 8 apresentou maiores valores ($P < 0,05$) em comparação aos valores observados entre o dia 1 e o dia 5. A concentração de 0,4% induziu maiores valores ($P < 0,05$) no dia 8 em comparação aos valores observados nos dias 1 e 4.

Mean Squared Error – Comparação de imagens

Através do método MSE (*Mean Squared Error*), todas as amostras (tratadas com óleo de alecrim, canela, orégano e tomilho – em todas as concentrações 0,4%, 0,8% e 1,0%) foram submetidas ao cálculo descrito na metodologia para mensurar qual das amostras apresentou o valor mais próximo ao controle (filé de peixe obtido imediatamente após o abate, no dia 0, sem adição de óleos essenciais), que seria a amostra ideal (igual a zero), considerada a mais fresca. A amostra que mais se assemelhou à amostra controle foi a obtida no dia 06, do óleo de alecrim, na concentração de 0,4%.

O MSE se utilizou a imagem padrão, tida como a ideal, para comparar as demais imagens (amostras de diferentes óleos, em diferentes concentrações), a fim de identificar qual das imagens é mais semelhante ao controle.

Discussão

Em relação à análise estatística, considerando todos os óleos utilizados (alecrim, canela, orégano e tomilho) e suas respectivas concentrações (0,4%, 0,8% e 1,0%), mesmo havendo

interações isoladas no tempo e no tratamento utilizado, não houve interação entre o tempo e tratamento conjuntamente. Desta forma, não é possível afirmar que houve diferença nos tratamentos utilizados na análise de cor, para L, a^* e b^* , conforme mostrado nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Portanto, não é possível concluir que uma concentração específica de um determinado óleo foi responsável pelo aumento ou diminuição dos parâmetros de cor avaliados (L, a^* e b^*) em qualquer um dos dias em questão (de 1 a 10).

Os pontos coletados nas imagens capturadas foram feitos manualmente (coleta no Color Picker), simulando o que é comumente observado em laboratórios por colorímetros, o que pode ter contribuído para a falta de diferença entre as interações, tornando a coleta manual subjetiva e variável, que é indesejável para análise de cor no format L, a^* e b^* , onde valores objetivos, representativos e robustos são procurados. Além disso, como esses pontos são escolhidos aleatoriamente, eles podem não acabar representando a amostra como um todo, o que afeta diretamente a incapacidade de obter um resultado completo da imagem capturada.

Considerando esses resultados, foi realizado um teste conhecido como MSE (Mean Squared Error) para avaliar qual dos tratamentos estava mais próximo do controle (representado pela amostra a partir do dia zero, sem a adição de nenhuma concentração de óleos). O objetivo deste teste foi verificar quais dos tratamentos apresentaram similaridade em relação à amostra controle, a fim de estimar qualidade e frescor.

De acordo com os valores apresentados e comparados, a maior similaridade foi encontrada no dia 6, para a amostra contendo 0,4% de óleo de alecrim. O óleo de alecrim é conhecido por apresentar propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Estas propriedades são atribuídas aos compostos bioativos presentes no óleo, como o ácido rosmarínico, que tem atividade antioxidante, o cineol e a cânfora, que apresentam propriedades antimicrobianas (Amaral et al., 2021).

Embora o teste tenha identificado uma amostra mais semelhante ao controle do que os demais, também não significa que as outras amostras não apresentaram similaridade e não apresentaram seus efeitos potenciais, mas sim que a amostra em questão (amostra contendo 0,4% de óleo de alecrim) foi a que mais se aproximou da amostra controle (considerada mais fresca, pois é a amostra que representa o menor tempo de abate e está livre de óleos essenciais).

Assim, é possível verificar que a significância estatística ($p < 0,05$) evidenciou um resultado estatisticamente confiável, entretanto, ela não informa a magnitude do efeito observado. O tamanho do efeito é um complemento crucial à significância estatística, fornecendo uma medida da magnitude e relevância prática dos resultados. Ao interpretar o eta quadrado e classificá-lo em categorias, podemos ter uma visão mais completa do impacto real das variáveis em estudo.

Conclusão

1. Este estudo demonstra que os óleos essenciais, especialmente o óleo de alecrim, na concentração de 0,4% (v/m), foram eficazes na manutenção da cor e, conseqüentemente, do frescor da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).

2. A utilização do método de coleta manual de *pixels* e sua posterior conversão de matrizes mostrou-se um método com fragilidades, como a subjetividade, a impossibilidade de análise total da amostra e a lentidão da coleta de dados, que equivalem ao uso do colorímetro.

3. O método manual combinado com o método de análise de visão computacional é mais eficiente do que o primeiro feito isoladamente, porque quando a foto de amostra é obtida e armazenada em um repositório, ela fica disponível para análise e discussão futuras. Portanto, mesmo que o experimento tenha sido concluído, as fotografias permanecem arquivadas para que possam ser avaliadas a qualquer momento, mesmo após os dias do experimento.

4. Embora o *Mean Squared Error* (MSE) seja uma métrica geral de erro usada em várias áreas, ele é particularmente útil na visão computacional para avaliar a precisão e a qualidade de imagens processadas ou geradas por modelos. Ele ajuda a quantificar a diferença entre duas representações visuais, o que é crucial para melhorar e avaliar algoritmos de processamento de imagens.

5. Resta ressaltar que a visão computacional tem potencial para ser implementada na análise de frescor de alimentos, especialmente para produtos cárneos ou aqueles que se deterioram rapidamente, uma vez que pode ser considerada de fácil utilização, rápida, com a possibilidade de armazenar imagens para posterior análise, além de ser barata e viável em relação à sua implementação na indústria de alimentos.

6. Para tornar a visão computacional uma ferramenta útil na análise de frescor de alimentos, principalmente na análise da tilápia-do-nilo, faz-se necessário que o processo de avaliação das imagens seja automatizado, para tanto a criação de um algoritmo e um software que promova a captura e análise das imagens em sua totalidade, em ambiente controlado, é essencial para sua implementação na indústria de alimentos ou uso comercial.

Agradecimentos

À Superintendência de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior-SETI/UGF, com o apoio do Fundo Paraná, pela oportunidade e apoio financeiro ao projeto, à Universidade Estadual de Maringá, pelos recursos e apoios. Da mesma forma, agradecimentos aos professores Ricardo Pereira Ribeiro e Ivanor Nunes do Prado pela orientação e apoio.

Referências

- AMARAL, S.M.; CARVALHO, L.Q.C.; PEREIRA, N.A.C.S.; SOUSA SOBRINHO, M.F.; SOUSA SOBRINHO, M.K.; SANTOS, L.D.L.; BARBOSA, M.C.N.A.; SILVA, B.L.; RODRIGUES, A.E.F.; LINHARES, B.O. Alecrim (*Rosmarinus officinalis*): principais características. **Revista de Casos e Consultoria**, v.12, p.e24651, 2021.
- AYODEJI AHMED, A. Glimpse of fish as perishable staple. **Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences**, v.10, p.349–375, 2020. DOI: 10.33794/qjas.2020.167497.
- BASAVEGOWDA, N.; BAEK, K.-H. Synergistic antioxidant and antibacterial advantages of essential oils for food packaging applications. **Biomolecules**, v.11, p.1267, 2021. DOI: 10.3390/biom11091267.
- BERNS, R.S. Extending CIELAB: Vividness, depth, and clarity. **Color Research & Application**, v.39, p.322–330, 2014.
- CARDOSO, M.A.P.; OLIVEIRA, C.F.; COPPO, R.L.; YAMATO, M.A.C.; PEDRO, A.C.; OLIVEIRA, P.M.; CARVALHO, V.M.; PRADO, I.N. Computer vision as the golden tool: mathematical models for evaluating color and storage time of hamburgers with goji berry natural additive. **Food Science and Technology**, v.42, p.1–12, 2022. DOI: 10.1590/fst.35822.
- CARDOSO, M.A.P.; VITAL, A.C.P.; MEDEIROS, A.; SARAIVA, B.R.; PRADO, I.N. Goji berry effects on hamburger quality during refrigerated display time. **Food Science and Technology**, v.43, p.1–7, 2023. DOI: 10.1590/fst.68322.
- CRIBB, A.Y.; SEIXAS FILHO, J.T.; MELLO, S.C.R.P. **Manual técnico de manipulação e conservação de pescado** Embrapa, 2018.
- ETTALIBI, A.; ELOUADI, A.; MANSOUR, A. AI and computer vision-based real-time quality control: A review of industrial applications. **Procedia Computer Science**, v.231, p.212–220, 2024. DOI: 10.1016/j.procs.2023.12.195.
- FRITZ, C.O.; MORRIS, P.E.; RICHLER, J.J. Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. **Journal of Experimental Psychology: General**, v.141, p.2–18, 2012. DOI: 10.1037/a0024338.
- GIROLAMI, A.; NAPOLITANO, F.; FARAONE, D.; BRAGHIERI, A. Measurement of meat color using a computer vision system. **Meat Science**, v.93, p.111–118, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.010>.
- GOULAS, A.E.; KONTOMINAS, M.G. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. **Food Chemistry**, v.100, p.287–296, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.09.045.
- JACKSON-DAVIS, A.; WHITE, S.; KASSAMA, L.; COLEMAN, S.; SHAW, A.; MENDONCA, A.; COOPER, B.; THOMAS-POPO, E.; GORDON, K.; LONDON, L. A Review of regulatory standards and advances in essential oils as antimicrobials in foods. **Journal of Food Protection**, v.26, p.100025, 2022. DOI: 10.1016/j.jfp.2022.100025.

- JUGREET, B.S.; SUROOWAN, S.; RENGASAMY, R.R.K.; MAHOMOODALLY, M.F. Chemistry, bioactivities, mode of action and industrial applications of essential oils. **Trends in Food Science & Technology**, v.101, p.89–105, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.04.025.
- KONFO, T.R.C.; DJOUHOU, F.M.; KOUDORO, A.Y.; DAHOUENON-AHOUSSE, E.; AVLESSI, F.; SOHOUNHLOUE, D.; SIMAL-GANDARA, J. Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation. **Food Chemistry Advances**, v.2, p.100312, 2023. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100312.
- KONG, A.S.-Y.; MARAN, S.; YAP, P.S.-X.; LIM, S.-H.E.; YANG, S.-K.; CHENG, W.-H.; TAN, Y.-H.; LAI, K.-S. Anti-and Pro-oxidant properties of essential oils against antimicrobial resistance. **Antioxidants**, v.11, p.1819, 2022. DOI: 10.3390/antiox11091819.
- LIMA, D.C. **Métodos para estimativa de imagens NIR a partir de imagens de câmeras RGB**. 2020. 116p. Universidade Federal de São Carlos,
- LIMA, T.L.S.; COSTA, G.F.; CRUZ, G.R.B.; ARAÚJO, Í.B.S.; RIBEIRO, N.L.; FERREIRA, V.C.S.; SILVA, F.A.P.; BELTRÃO FILHO, E.M. Effect of storage time on colorimetric, physicochemical, and lipid oxidation parameters in sheep meat sausages with pre-emulsified linseed oil. **Food Science and Technology**, v.42, p.1–9, 2022. DOI: 10.1590/fst.24721.
- MATOS, A.M.; DUARTE, V.; TAGIARIOLLI, M.A.; BONIN, E.; VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; PRADO, R.M.; COSTA E SILVA, L.F.; ÁVILA, V.D.; CARVALHO, V.M.; PRADO, I.N. Meat acceptability of crossbred bulls fed a high-grain feedlot diet with antimicrobial compounds and a blend of organic trace minerals and yeast. **Animal Production Science**, v.63, p.85–95, 2023. DOI: 10.1071/AN22092.
- MONTESCHIO, J.O.; SOUZA, K.A.; PRADO, R.M.; VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; PINTO, L.M.; VALERO, M. V; OSÓRIO, J.C.S.; CASTILHO, R.A.; SAÑUDO, C.; PRADO, I.N. Acceptability by sensory and visual analyses of meat from Nellore heifers fed with natural additives and finished in feedlot. **Journal Science and Food Agriculture**, v.100, p.4782–4790, 2020. DOI: 10.1002/jsfa.10537.
- NIE, X.; ZHANG, R.; CHENG, L.; ZHU, W.; LI, S.; CHEN, X. Mechanisms underlying the deterioration of fish quality after harvest and methods of preservation. **Food Control**, v.135, p.108805, 2022. DOI: 10.1016/j.foodcont.2021.108805.
- POSGAY, M.; GREFF, B.; KAPCSÁNDI, V.; LAKATOS, E. Effect of *Thymus vulgaris* L. essential oil and thymol on the microbiological properties of meat and meat products: A review. **Heliyon**, v.8, p.e10812, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10812.
- PRESENZA, L.; TEIXEIRA, B.F.; GALVÃO, J.A.; VIEIRA, T.M.F.S. Technological strategies for the use of plant-derived compounds in the preservation of fish products. **Food Chemistry**, p.136069, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136069.
- RIVAROLI, D.C.; GUERRERO, A.; VALERO, M. V.; ZAWADZKI, F.; EIRAS, C.E.; CAMPO, M.M.; SAÑUDO, C.; JORGE, A.M.; PRADO, I.N. Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. **Meat Science**, v.121, p.278–284, 2016. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.06.017.
- SARA, U.; AKTER, M.; UDDIN, M.S. Image quality assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—a comparative study. **Journal of Computer and Communications**, v. 7, n. 3, p. 8-18, 2019.
- TEIXEIRA, S.C.; SOARES, N.F.F.; STRINGHETA, P.C. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.24, p.1–11, 2021. DOI: 10.1590/1981-6723.03321.

- TOMASEVIĆ, I.; TOMOVIĆ, V.; MILOVANOVIĆ, B.; LORENZO, J.; ĐORĐEVIĆ, V.; KARABASIL, N.; ĐEKIĆ, I. Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. **Meat Science**, v.148, p.5–12, 2019. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.09.015.
- TORRECILHAS, J.A.; ORNAGHI, M.G.; PASSETTI, R.A.C.; MOTTIN, C.; GUERRERO, A.; RAMOS, T.R.; VITAL, A.C.P.; SAÑUDO, C.; MALHEIROS, E.B.; PRADO, I.N. Meat quality of young bulls finished in a feedlot and supplemented with clove or cinnamon essential oils. **Meat Science**, v.174, p.1–9, 2021. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108412.
- VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; GUARNIDO, P.; SEVERINO, I.C.; OLLETA, J.L.; BLASCO, M.; PRADO, I.N.; MAGGI, P.; CAMPO, M.M. Effect of active-edible coating and essential oils on lamb patties oxidation during display. **Foods**, v.20, p.1–18, 2021. DOI: 10.3390/foods10020263.
- VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; MONTESCHIO, J.O.; VALERO, M.V.; CARVALHO, C.B.; ABREU FILHO, B.A.; MADRONA, G.S.; PRADO, I.N. Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. **PLoS ONE**, v.11, p.1–15, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0160535.
- VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; ORNAGHI, M.G.; KEMPINSKI, E.M.B.C.; SARY, C.; MONTESCHIO, J. DE O.; MATUMOTO-PINTRO, P.T.; RIBEIRO, R.P.; PRADO, I.N. Quality and sensory acceptability of fish fillet (*Oreochromis niloticus*) with alginate-based coating containing essential oils. **Journal of Food Science and Technology**, v.55, p.4945–4955, 2018. DOI: 10.1007/s13197-018-3429-y.

Tabela 1. Variáveis de coloração e os diferentes efeitos testados para o óleo de alecrim.

		Óleo (tratamento)	Tempo	Interação entre ambos
L*	1.0%	1.499 (0.237) [0.011]	1.649 (0.096) [0.068]	1.046 (0.407) [0.043]
	0.8%	4.031 (0.060) [0.021]	1.570 (0.119) [0.065]	1.728 (0.077) [0.072]
	0.4%	3.105 (1.095) [0.007]	4.607 (0.001) [0.188]*	0.731 (0.694) [0.030]
a*	1.0%	6.368 (0.021) [0.026]*	0.504 (0.692) [0.023]	1.173 (0.329) [0.054]
	0.8%	14.798 (0.001) [0.060]*	0.588 (0.644) [0.025]	1.539 (0.210) [0.066]
	0.4%	5.718 (0.028) [0.023]*	0.325 (0.835) [0.015]	1.748 (0.159) [0.179]
b*	1.0%	3.073 (0.097) [0.008]	3.370 (0.021) [0.139]*	1.453 (0.234) [0.060]
	0.8%	14.798 (0.001) [0.060]*	0.588 (0.644) [0.025]	1.539 (0.210) [0.066]
	0.4%	8.551 (0.009) [0.022]*	5.542 (0.002) [0.207]*	1.348 (0.267) [0.050]

F (p-value) [Effect size]; * p-value < 0.05. O tamanho do efeito (ES) foi determinado usando os valores de square eta. Todas as inferências foram feitas com um nível de significância definido em $P < 0,05$.

Tabela 2. Variáveis de coloração e os diferentes efeitos testados para o óleo de canela.

		Óleo (tratamento)	Tempo	Interação entre ambos
L*	1%	0,707 (0,411) [0,002]	3,103 (0,006) [0,134] *	0,844 (0,544) [0,036]
	0.8 %	0,023 (0,881) [0,001]	3,489 (0,003) [0,144] *	0,427 (0,873) [0,018]
	0.4 %	1,400 (0,252) [0,005]	3,120 (0,008) [0,133] *	0,764 (0,593) [0,033]
a*	1%	6,373 (0,021) [0,026] *	0,460 (0,710) [0,021]	1,575 (0,206) [0,071]
	0.8%	14,455 (0,010) [0,047] *	0,760 (0,520) [0,034]	1,128 (0,346) [0,051]
	0.4%	5,178 (0,028) [0,023] *	0,325 (0,835) [0,015]	1,478 (0,159) [0,079]
b*	1%	2,598 (0,124) [0,005]	5,700 (0,001) [0,225] *	0,686 (0,571) [0,027]
	0.8%	14,422 (0,001) [0,047] *	0,761 (0,520) [0,034]	1,128 (0,346) [0,051]
	0.4%	4,021 (0,060) [0,010]	5,320 (0,004) [0,204] *	1,268 (0,295) [0,049]

F (p-value) [Effect size]; * p-value < 0.05. O tamanho do efeito (ES) foi determinado usando os valores de square eta. Todas as inferências foram feitas com um nível de significância definido em $P < 0,05$.

Tabela 3. Variáveis de coloração e os diferentes efeitos testados para o óleo de tomilho.

		Óleo (tratamento)	Tempo	Interação entre ambos
L*	1%	3,052 (0,098) [0,016]	3,881 (0,001) [0,154] *	0,581 (0,755) [0,023]
	0.8 %	0,234 (0,634) [0,001]	4,501 (0,001) [0,089] *	0,365 (0,888) [0,015]
	0.4 %	3,306 (0,086) [0,008]	2,777 (0,015) [0,122] *	0,774 (0,593) [0,034]
a*	1%	5,992 (0,025) [0,019] *	0,421 (0,743) [0,019]	1,622 (0,194) [0,075]
	0.8%	6,563 (0,020) [0,030] *	0,294 (0,867) [0,013]	1,858 (0,133) [0,082]
	0.4%	1,762 (0,201) [0,006]	0,469 (0,712) [0,022]	0,976 (0,413) [0,047]
b*	1%	7,214 (0,015) [0,017] *	6,553 (0,002) [0,247] *	0,382 (0,732) [0,014]
	0.8%	15,62 (0,001) [0,057] *	4,306 (0,008) [0,158] *	1,667 (0,182) [0,061]
	0.4%	0,933 (0,347) [0,002]	5,264 (0,003) [0,211] *	0,437 (0,727) [0,018]

F (p-value) [Effect size]; * p-value < 0.05. O tamanho do efeito (ES) foi determinado usando os valores de square eta. Todas as inferências foram feitas com um nível de significância definido em $P < 0,05$.

Tabela 4. Variáveis de coloração e os diferentes efeitos testados para o óleo de orégano.

		Óleo (tratamento)	Tempo	Interação entre ambos
L*	1%	19,402 (0,001) [0,081] *	1,979 (0,066) [0,081]	0,762 (0,615) [0,031]
	0.8 %	14,836 (0,001) [0,042] *	2,155 (0,048) [0,092] *	1,114 (0,359) [0,047]
	0.4 %	0,176 (0,679) [0,001]	1,965 (0,071) [0,084]	1,291 (0,264) [0,055]
a*	1%	5,564 (0,030) [0,019] *	0,791 (0,508) [0,035]	1,785 (0,142) [0,083]
	0.8%	1,670 (0,213) [0,006]	0,787 (0,505) [0,036]	1,668 (0,185) [0,079]
	0.4%	1,857 (0,190) [0,007]	0,642 (0,598) [0,029]	1,921 (0,125) [0,089]
b*	1%	35,699 (0,001) [0,071] *	4,324 (0,011) [0,158] *	2,100 (0,118) [0,077]
	0.8%	19,171 (0,001) [0,042] *	4,099 (0,016) [0,153] *	2,429 (0,088) [0,091]
	0.4%	18,921 (0,001) [0,035] *	4,349 (0,008) [0,171] *	1,398 (0,253) [0,055]

F (p-value) [Effect size]; * p-value < 0.05. O tamanho do efeito (ES) foi determinado usando os valores de square eta. Todas as inferências foram feitas com um nível de significância definido em $P < 0,05$.

Anexo. Resultados das amostras submetidas ao cálculo de Mean Squared Error.

Amostra	Resultado
C1 - D0 - OA - 04_.jpeg	7899302453901730
C1 - D0 - OA - 08_.jpeg	10141713483571400
C1 - D0 - OA - 1_.jpeg	11550730630696800
C1 - D0 - OC - 04_.jpeg	10252112807981800
C1 - D0 - OC - 08_.jpeg	1108952836691040
C1 - D0 - OC - 1_.jpeg	1090915342087000
C1 - D0 - OO - 04_.jpeg	10918080988677200
C1 - D0 - OO - 1_.jpeg	10767938427736200
C1 - D0 - OO-08_.jpeg	10903154535394300
C1 - D0 - OT - 1_.png	2858796013389550
C1 - D0 - OT- 08_.png	21849342135284900

C1 - D0 - OT-0,4_.png	9659228785379380
C1 - D0 - SEMO - 0_.jpeg	0.0
C1 - D1 - OA - 04_.jpeg	10799060067155800
C1 - D1 - OA - 08_.jpeg	11351255824243000
C1 - D1 - OA - 1_.jpeg	10936193431554200
C1 - D1 - OC - 04_.jpeg	8954111885624330
C1 - D1 - OC - 08_.jpeg	11108670700045300
C1 - D1 - OC - 1_.jpeg	11097821154075400
C1 - D1 - OO - 04_.jpeg	11966009441264900
C1 - D1 - OO - 08_.jpeg	10966578575762200
C1 - D1 - OO - 1_.jpeg	12156837219695800
C1 - D1 - OT - 04_.jpeg	10907266347403200
C1 - D1 - OT - 08_.jpeg	11187848011881300
C1 - D1 - OT - 1_.jpeg	10781106723052900
C1 - D1 - SEMO - 0_.jpeg	10557172800404100
C1 - D10 - OA - 04_.jpeg	9609188277278850
C1 - D10 - OA - 08_.jpeg	9978879062938560
C1 - D10 - OA - 1_.jpeg	10114754902577100
C1 - D10 - OC - 04_.jpeg	8982179237062160
C1 - D10 - OC - 08_.jpeg	10822548702208400
C1 - D10 - OC - 1_.jpeg	10093140074227400
C1 - D10 - OO - 04_.jpeg	1058526904724460
C1 - D10 - OO - 08_.jpeg	9128078671640680
C1 - D10 - OO - 1_.jpeg	11607788466162900
C1 - D10 - OT - 04_.jpeg	945625535697079
C1 - D10 - OT - 08_.jpeg	8976391447636710
C1 - D10 - OT - 1_.jpeg	94894303582628
C1 - D10 - SEMO - 0_.jpeg	969519188692127
C1 - D2 - OA - 04_.jpeg	10365802625217800
C1 - D2 - OA - 1_.jpeg	11091412962368800
C1 - D2 - OA - 8_.jpeg	10472698497036500
C1 - D2 - OC - 08_.jpeg	1137589067391660
C1 - D2 - OC - 1_.jpeg	11783340945788700
C1 - D2 - OC -04_.jpeg	9846249657088770
C1 - D2 - OO - 04_.jpeg	12518864576858300
C1 - D2 - OT - 04_.jpeg	11425637922226800
C1 - D2 - OT - 08_.jpeg	11289974144525900
C1 - D2 - OT - 1_.jpeg	12781309132741300
C1 - D2 - OT- 1_.jpeg	11965584756380200
C1 - D2 - SEMO - 0_.jpeg	1106546430244550
C1 - D3 - OA - 04_.jpeg	10062540696025100
C1 - D3 - OA - 08_.jpeg	9810867173548830
C1 - D3 - OA - 1_.jpeg	10677525426810800
C1 - D3 - OC - 04_.jpeg	9935343195174640
C1 - D3 - OC - 08_.jpeg	11150386510554000
C1 - D3 - OC - 1_.jpeg	10474576412833700
C1 - D3 - OO - 04_.jpeg	11527434150862900
C1 - D3 - OO - 08_.jpeg	10618381208761700

C1 - D3 - OO- 1_.jpeg	12389360143774400
C1 - D3 - OT - 04_.jpeg	11094277336827500
C1 - D3 - OT - 08_.jpeg	10810950815367000
C1 - D3 - OT - 1_.jpeg	11443837797424900
C1 - D3 - SEMO- 0_.jpeg	10899920339810500
C1 - D4 - OA - 08_.jpeg	10530511303003500
C1 - D4 - OA - 1_.jpeg	1082371078412850
C1 - D4 - OC - 04_.jpeg	9463410334808840
C1 - D4 - OC - 08_.jpeg	10351322910505800
C1 - D4 - OC - 1_.jpeg	11881488101298600
C1 - D4 - OO - 04_.jpeg	11381658414151400
C1 - D4 - OO - 08_.jpeg	9914007048300710
C1 - D4 - OO - 1_.jpeg	12121633913869400
C1 - D4 - OT - 04_.jpeg	10670681708493600
C1 - D4 - OT - 08_.jpeg	1084209772678230
C1 - D4 - OT - 1_.jpeg	11447291218367300
C1 - D4 - SEMO - 0_.jpeg	11047368970266700
C1 - D4- OA- 04_.jpeg	9782851063260020
C1 - D5 - OA - 04_.jpeg	9039262998061210
C1 - D5 - OA - 08_.jpeg	10609358775538500
C1 - D5 - OA - 1_.jpeg	11349884745921200
C1 - D5 - OC - 04_.jpeg	9734749849256230
C1 - D5 - OC - 08_.jpeg	11216467200740700
C1 - D5 - OC - 1_.jpeg	12402233421779100
C1 - D5 - OO - 04_.jpeg	1127435483471590
C1 - D5 - OO - 08_.jpeg	1126820320955620
C1 - D5 - OO - 1_.jpeg	12769494363506100
C1 - D5 - OT - 04_.jpeg	11301752267326600
C1 - D5 - OT - 1_.jpeg	11789094662150300
C1 - D5 - OT- 08_.jpeg	10941460877777500
C1 - D5 - SEMO- 0_.jpeg	10827923586287300
C1 - D6 - OA - 04_.jpeg	9637655443886800
C1 - D6 - OA - 08_.jpeg	9632268656139580
C1 - D6 - OA - 1_.jpeg	11050350252478500
C1 - D6 - OC - 04_.jpeg	9143109510680670
C1 - D6 - OC - 08_.jpeg	10881970157243000
C1 - D6 - OC - 1_.jpeg	11720717852159000
C1 - D6 - OO - 04_.jpeg	1142923156450820
C1 - D6 - OO - 08_.jpeg	10666490602090700
C1 - D6 - OO - 1_.jpeg	12298742379774200
C1 - D6 - OT - 04_.jpeg	10012845546018500
C1 - D6 - OT - 08_.jpeg	1056561380759520
C1 - D6 - OT - 1_.jpeg	10721722537950900
C1 - D6 - SEMO - 0_.jpeg	10641939649679500
C1 - D7 - OA - 04_.jpeg	9934085893772020
C1 - D7 - OA - 08_.jpeg	10486554889300800
C1 - D7 - OA - 1_.jpeg	11948238049154200
C1 - D7 - OC - 04_.jpeg	9987406285751600

C1 - D7 - OC - 08_.jpeg	11170724399984600
C1 - D7 - OC - 1_.jpeg	11522754295808900
C1 - D7 - OO - 04_.jpeg	11510784383196600
C1 - D7 - OO - 08_.jpeg	11171763178899100
C1 - D7 - OO - 1_.jpeg	12425453779976200
C1 - D7 - OT - 04_.jpeg	10075987534812200
C1 - D7 - OT - 08_.jpeg	1068863611173680
C1 - D7 - OT - 1_.jpeg	11314857211366300
C1 - D7 - SEMO - 0_.jpeg	990184246022652
C1 - D8 - OA - 04_.jpeg	9614009696206180
C1 - D8 - OA - 08_.jpeg	9695484764812100
C1 - D8 - OA - 1_.jpeg	10768374267791800
C1 - D8 - OC - 04_.jpeg	8608901338329150
C1 - D8 - OC - 08_.jpeg	1077460455131280
C1 - D8 - OC - 1_.jpeg	11187200586248800
C1 - D8 - OO - 04_.jpeg	1067922266055560
C1 - D8 - OO - 08_.jpeg	10116746779967000
C1 - D8 - OO - 1_.jpeg	11629502232702500
C1 - D8 - OT - 04_.jpeg	9375340837442150
C1 - D8 - OT - 08_.jpeg	9711472777598580
C1 - D8 - OT - 1_.jpeg	10287369163337700
C1 - D8 - SEMO - 0_.jpeg	1000324469558870
C1 - D9 - OA - 04_.jpeg	9258369881484950
C1 - D9 - OA - 08_.jpeg	9875332691944700
C1 - D9 - OA - 1_.jpeg	10282635554672700
C1 - D9 - OC - 04_.jpeg	9745102983002970
C1 - D9 - OC - 08_.jpeg	10722664164869500
C1 - D9 - OC - 1_.jpeg	9922518043590270
C1 - D9 - OO - 04_.jpeg	10364562496866200
C1 - D9 - OO - 08_.jpeg	9900556714069600
C1 - D9 - OO - 1_.jpeg	11472052920345700
C1 - D9 - OT - 04_.jpeg	9387974471154780
C1 - D9 - OT - 08_.jpeg	990363600734293
C1 - D9 - OT - 1_.jpeg	10336075984141800
C1 - D9 - SEMO - 0_.jpeg	10005917826855200
C2 - D0 - OA - 04_.jpeg	12335038604066800
C2 - D0 - OA - 08_.jpeg	9980078058489210
C2 - D0 - OA - 1_.jpeg	1211479877147340
C2 - D0 - OC - 04_.jpeg	11437875028663000
C2 - D0 - OC - 08_.jpeg	11640833445226300
C2 - D0 - OO - 04_.jpeg	987262014917961
C2 - D0 - OO - 08_.jpeg	12177745359973700
C2 - D0 - OT - 04_.png	11872903880431100
C2 - D0 - OT - 1_.png	24047690213186700
C2 - D0 - SEMO - 0_.jpeg	2193153487988200
C2 - D0 - OC - 1_.jpeg	1154445473736740
C2 - D0 - OO - 1_.jpeg	1240746824225460
C2 - D0 - OT - 08_.png	33103688886467000

C2 - D1 - OA - 04_.jpeg	1189015015121650
C2 - D1 - OA - 08_.jpeg	11276206035855200
C2 - D1 - OA - 1_.jpeg	119062602434473
C2 - D1 - OC - 04_.jpeg	10908919539855600
C2 - D1 - OC - 1_.jpeg	12082917326707000
C2 - D1 - OO - 04_.jpeg	1099341963198380
C2 - D1 - OO - 08_.jpeg	11474307895708500
C2 - D1 - OO - 1_.jpeg	12076472942327100
C2 - D1 - OT - 04_.jpeg	13702956323908800
C2 - D1 - OT - 08_.jpeg	10468693706832200
C2 - D1 - OT - 1_.jpeg	10751469274568200
C2 - D1 - SEMO - 0_.jpeg	10378877165882200
C2 - D1 - OC - 08_.jpeg	984509876060567
C2 - D10 - OA - 04_.jpeg	1049797862530580
C2 - D10 - OA - 08_.jpeg	9266049850144260
C2 - D10 - OA - 1_.jpeg	10734815754277500
C2 - D10 - OC - 04_.jpeg	9837462012948540
C2 - D10 - OC - 08_.jpeg	8878930298833940
C2 - D10 - OC - 1_.jpeg	12019818951853500
C2 - D10 - OO - 04_.jpeg	8946844983192510
C2 - D10 - OO - 08_.jpeg	10191081891994800
C2 - D10 - OO - 1_.jpeg	9841550057894940
C2 - D10 - OT - 04_.jpeg	10558208336984400
C2 - D10 - OT - 08_.jpeg	8273358070748350
C2 - D10 - OT - 1_.jpeg	9618179837657330
C2 - D10 - SEMO - 0_.jpeg	9809873777554110
C2 - D2 - OA - 04_.jpeg	11778049856624300
C2 - D2 - OA - 1_.jpeg	12160812365053200
C2 - D2 - OA - 8_.jpeg	1020215652215940
C2 - D2 - OC - 04_.jpeg	10779217444030600
C2 - D2 - OC - 08_.jpeg	10090502760402500
C2 - D2 - OC - 1_.jpeg	12768084040960300
C2 - D2 - OO - 04_.jpeg	10702590400969700
C2 - D2 - OO - 08_.jpeg	1161559070308770
C2 - D2 - OO - 1_.jpeg	1195438999028960
C2 - D2 - OT - 04_.jpeg	13679586766930300
C2 - D2 - OT - 08_.jpeg	10566307906447500
C2 - D2 - OT - 1_.jpeg	10381267088332100
C2 - D2 - SEMO - 0_.jpeg	11599182324890000
C2 - D3 - OA - 04_.jpeg	9890260734294240
C2 - D3 - OA - 08_.jpeg	9156551499046560
C2 - D3 - OA - 1_.jpeg	10669638331878700
C2 - D3 - OC - 01_.jpeg	12892670942228400
C2 - D3 - OC - 04_.jpeg	10485489364551100
C2 - D3 - OC - 08_.jpeg	9681166889726450
C2 - D3 - OO - 04_.jpeg	10381582363502400
C2 - D3 - OO - 08_.jpeg	11188716294265500
C2 - D3 - OO - 1_.jpeg	11434937737741800

C2 - D3 - OT - 04_.jpeg	13078881193174900
C2 - D3 - OT - 08_.jpeg	9834386554797390
C2 - D3 - OT - 1_.jpeg	11364460410428000
C2 - D3 - SEMO - 0_.jpeg	11611402752954600
C2 - D4 - OA - 04_.jpeg	10304741152169600
C2 - D4 - OA - 08_.jpeg	9572851924667010
C2 - D4 - OA - 1_.jpeg	12158822729376100
C2 - D4 - OC - 04_.jpeg	10497589733758100
C2 - D4 - OC - 08_.jpeg	9709646666102530
C2 - D4 - OC - 1_.jpeg	12156146256149000
C2 - D4 - OO - 04_.jpeg	10912269135233600
C2 - D4 - OO - 08_.jpeg	11740956564762300
C2 - D4 - OO - 1_.jpeg	10902665495360100
C2 - D4 - OT - 04_.jpeg	1339105150573250
C2 - D4 - OT - 08_.jpeg	981614314292048
C2 - D4 - OT - 1_.jpeg	11111088593317800
C2 - D4 - SEMO - O_.jpeg	1086471043846540
C2 - D5 - OA - 04_.jpeg	11074021440828800
C2 - D5 - OA - 08_.jpeg	1016253916324900
C2 - D5 - OA - 1_.jpeg	12016564218685500
C2 - D5 - OC - 04_.jpeg	11041067597182100
C2 - D5 - OC - 08_.jpeg	10517621139480100
C2 - D5 - OC - 1_.jpeg	12817329015277400
C2 - D5 - OO - 04_.jpeg	10347389395773700
C2 - D5 - OO - 08_.jpeg	115748130625401
C2 - D5 - OO - 1_.jpeg	1213404380947010
C2 - D5 - OT - 04_.jpeg	12310581331998200
C2 - D5 - OT - 08_.jpeg	9884029281373640
C2 - D5 - OT - 1_.jpeg	23772261766352300
C2 - D5 - SEMO - 0_.jpeg	10992499765933100
C2 - D6 - OA - 04_.jpeg	9760087313251050
C2 - D6 - OA - 1_.jpeg	10986818458275900
C2 - D6 - OA - 8_.jpeg	920419150239093
C2 - D6 - OC - 04_.jpeg	1011378320366370
C2 - D6 - OC - 1_.jpeg	12447470510591800
C2 - D6 - OC - 8_.jpeg	9327450859010740
C2 - D6 - OO - 04_.jpeg	10342172609145400
C2 - D6 - OO - 08_.jpeg	11751679076700500
C2 - D6 - OO - 1_.jpeg	10877989411429400
C2 - D6 - OT - 08_.jpeg	979416314034876
C2 - D6 - OT - 1_.jpeg	11320218077435800
C2 - D6 - OT - 4_.jpeg	12395426842471500
C2 - D6 - SEMO - 0_.jpeg	988055430358014
C2 - D7 - OA - 04_.jpeg	10121631675503800
C2 - D7 - OA - 08_.jpeg	10815774341950500
C2 - D7 - OA - 1_.jpeg	11003540984165200
C2 - D7 - OC - 04_.jpeg	10479252392874400
C2 - D7 - OC - 08_.jpeg	9265414068487420

C2 - D7 - OC - 1_.jpeg	125097273830216
C2 - D7 - OO - 04_.jpeg	11245855192302500
C2 - D7 - OO - 08_.jpeg	11073019420245400
C2 - D7 - OO - 1_.jpeg	9795772226295380
C2 - D7 - OT - 04_.jpeg	11470431319399800
C2 - D7 - OT - 1_.jpeg	11306378991258800
C2 - D7 - OT - 8_.jpeg	9617921791982520
C2 - D7 - SEMO - 0_.jpeg	9563397603441180
C2 - D8 - OA - 04_.jpeg	10913133412490600
C2 - D8 - OA - 08_.jpeg	956627328867738
C2 - D8 - OA - 1_.jpeg	1142835069664340
C2 - D8 - OC - 04_.jpeg	9338145595107840
C2 - D8 - OC - 08_.jpeg	8803413195534670
C2 - D8 - OC - 1_.jpeg	1249758726435380
C2 - D8 - OO - 04_.jpeg	1036753778862150
C2 - D8 - OO - 08_.jpeg	1100169472841300
C2 - D8 - OO - 1_.jpeg	9019033165088330
C2 - D8 - OT - 04_.jpeg	1178288149568990
C2 - D8 - OT - 08_.jpeg	9260651975263970
C2 - D8 - OT - 1_.jpeg	10342444254482700
C2 - D8 - SEMO - 0_.jpeg	9445363284546630
C2 - D9 - OA - 04_.jpeg	10267160328729100
C2 - D9 - OA - 08_.jpeg	9279411823843230
C2 - D9 - OA - 1_.jpeg	10205447837501300
C2 - D9 - OC - 04_.jpeg	9816827657857120
C2 - D9 - OC - 08_.jpeg	8723034130173210
C2 - D9 - OC - 1_.jpeg	11744317908812700
C2 - D9 - OO - 04_.jpeg	10316025067783200
C2 - D9 - OO - 08_.jpeg	10961816013576500
C2 - D9 - OO - 1_.jpeg	9397961717009450
C2 - D9 - OT - 04_.jpeg	11743167968297400
C2 - D9 - OT - 08_.jpeg	927153626870357
C2 - D9 - OT - 1_.jpeg	10165803557997900
C2 - D9 - SEMO - 0_.jpeg	9530845841156870