

Avaliação do potencial corante e antioxidante de betalainas (*Beta vulgaris*, L.) em mortadela de frango

Evaluation of the potential coloring and antioxidant of betalains (*Beta vulgaris*, L.) in chicken mortadella

Evaluación del tinte potencial y antioxidante de betalain (*Beta vulgaris*, L.) en pollo mortadela

Recebido: 27/04/2020 | Revisado: 27/04/2020 | Aceito: 04/05/2020 | Publicado: 10/05/2020

Bruno Ranieri Lins de Albuquerque Meireles

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3604-9768>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: bruno_meireles7@hotmail.com

Raíssa Cristina Leandro Vitor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4433-151X>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: raissaclv@hotmail.com

Sinthya Kelly Queiroz Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5397-2952>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: sinthyakelly_18@hotmail.com

Thaís Cidarta Melo Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3604-9768>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: thaisacidarta@gmail.com

Sabrina dos Santos Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5655-8711>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: sabrinasantoscosta@yahoo.com.br

Sthelio Braga da Fonseca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3005-5438>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Resumo

O objetivo da pesquisa foi extrair as betalaínas da beterraba e avaliar seu potencial como corante e antioxidante natural em mortadelas de frango. Através da quantificação de betalaínas pelo método espectrofotométrico, testou-se a melhor extração em solvente aquoso, alcoólico, hidroalcoólico em pH neutro e hidroalcoólico em pH 3. O extrato da beterraba otimizado foi seco a 40 °C, sendo analisado o seu teor de compostos fenólicos. Foram elaboradas quatro formulações de mortadelas: MC (controle negativo) = adição de 0,05% de corante sintético, MBHT = adição de antioxidante BHT 0,01% e corante sintético 0,05%, M4%= adição de 4% do extrato de beterraba; M6% = adição de 6% do extrato de beterraba. Foram realizadas as análises de oxidação lipídica (TBARS), pH, atividade de água (Aa) e cor (a^* , L^* , b^*) durante 45 dias, avaliando os dados através da regressão linear. Verificou-se que o melhor solvente foi o hidroalcoólico em pH neutro, resultando em 153,14 mg/L de betalaínas e 99,1 mg EAG/g de compostos fenólicos. Ao decorrer dos 45 dias, os valores de pH e Aa não variaram, houve o aumento de luminosidade de MC e M4%, diminuição da cor vermelha em M6% que sugere a degradação das betacianinas pela atividade antioxidante e decréscimo da cor amarela em M4% e M6%, indicando degradação das betaxantinas. Ao final do estudo, M4% e M6% apresentaram os menores valores de oxidação lipídica. Tais resultados comprovaram a potencialidade das betalaínas como corante e antioxidante naturais.

Palavras-chave: Betacianinas; Embutido cárneo; Oxidação lipídica; Betalaína.

Abstract

The objective of the research was to extract betalains from beets root and to evaluate their potential as a dye and natural antioxidant in chicken bologna. Through the quantification of betalains by the photometric method, you can obtain a better extraction in aqueous, alcoholic, hydroalcoholic solvent in neutral pH and hydroalcoholic in pH 3. The optimized beet extractor was dried at 40 °C, being analyzed or its theoretical content phenolic. Four mortadella formulations were made: MC (negative control) = addition of 0.05% synthetic dye, MBHT = addition of antioxidant BHT 0.01% and synthetic dye 0.05%, M4% = addition of 4% extract beet; M6% = addition of 6% extract beet. They were performed as lipid oxidation (TBARS), pH, water activity (Aa) and color (a^* , L^* , b^*) analyzes for 45 days, evaluated by linear regression data. It was found that the best solvent was hydroalcoholic at neutral pH, resulting in 153.14 mg / L of betalains and 99.1 mg EAG / g of phenolic compounds. After a

period of 45 days, the pH and Aa values did not change, there was an increase in the brightness of MC and M4%, a reduction in the red color by M6%, which suggests the degradation of betacyanins by the antioxidant activity and a decreasing yellow color by M4% and M6%, degradation of betaxanthines. At the end of the study, M4% and M6% had the lowest lipid oxidation values. These results confirmed the potential of betalains as dyes and natural antioxidants

Keywords: Betacyanins; Meat sausage; Lipid oxidation; Betalains.

Resumen

El objetivo de la investigación fue extraer la betalaina de la remolacha y evaluar su potencial como colorante y antioxidante natural en la mortadela de pollo. Mediante la cuantificación de betalaínas por el método fonofométrico, puede obtener una mejor extracción en solvente acuoso, alcohólico e hidroalcohólico a pH neutro e hidroalcohólico a pH 3. El extractor de remolacha optimizado se secó a 40 ° C, analizándose o su contenido teórico. fenólico Se realizaron cuatro formulaciones de mortadela: MC (control negativo) = adición de colorante sintético al 0.05%, MBHT = adición de antioxidante BHT 0.01% y colorante sintético al 0.05%, M4% = adición de extracto al 4% remolacha M6% = adición de 6% al extracto de remolacha. Los análisis de oxidación lipídica (TBARS), pH, actividad del agua (Aa) y color (a *, L *, b *) se realizaron durante 45 días, evaluados por datos de regresión lineal. Se descubrió que el mejor solvente era el hidroalcohólico a pH neutro, lo que resulta en 153.14 mg / L de betalaínas y 99.1 mg de EAG / g de compuestos fenólicos. Después de un período de 45 días, los valores de pH y Aa no cambiaron, hubo un aumento en el brillo de MC y M4%, una reducción del color rojo en un M6%, lo que sugiere la degradación de las betacianinas por la actividad antioxidante y una disminución del color amarillo en un M4% y M6%, degradación de betaxantinas. Al final del estudio, M4% y M6% tuvieron los valores más bajos de oxidación lipídica. Estos resultados confirmaron el potencial de las betalaínas como colorantes y antioxidantes naturales.

Palabras clave: Betacianinas; Carne incorporada; Oxidación lipídica; Betalaina.

1. Introdução

Em busca de melhorias das características e propriedades dos alimentos as indústrias tem recorrido ao uso de aditivos sintéticos para conservar, melhorar a textura, acentuar o sabor, colorir e evitar processos oxidativos nos alimentos (Gonçalves, 2016). Entretanto, segundo

Conte (2016), tais aditivos podem desencadear diversas doenças como alergias, aumento da pressão arterial, asma, hiperatividade em crianças, câncer, dentre outras.

Os corantes são exemplos de aditivos de extrema importância em produtos alimentícios, pois o contato visual é a primeira impressão entre o consumidor e o produto, estando à cor diretamente ligada a aceitação do mesmo (Fabri & Teramoto, 2016). Porém, o uso de certos corantes artificiais (eritrosina e tartrazina) podem também acarretar em doenças, como a hiperatividade em crianças e problemas carcinogênicos (Polônio & Peres, 2009).

Dessa forma, a procura por alimentos naturais tem aumentado, e assim, surge na indústria de alimentos o desafio de encontrar aditivos naturais que possam desempenhar o mesmo papel dos sintéticos (Nunes, 2016). O corante natural presente na beterraba (*Beta vulgaris L.*) é um dos mais importantes utilizados na indústria de alimentos, devido a sua fácil extração e seu poder de coloração (Cai, Sun & Corke, 2003; Stintzing & Carle, 2007). As betalaínas, pigmentos presentes na beterraba, são divididas em dois grupos: as betacianinas, que constituem de 80 a 90% das betalaínas, de coloração vermelha e as betaxantinas de coloração amarela (Volp, et al., 2009).

Por estabilizarem radicais livres, as betalaínas ainda podem ser classificadas como antioxidantes naturais, o que desperta interesse para utilização em produtos que passam pelo processo de oxidação lipídica como os produtos cárneos (Alberti et al., 2014; Prasad et al., 2011). Tal reação química pode modificar negativamente as características sensoriais, apesar da gordura conferir textura, sabor e suculência aos alimentos (Juárez et al., 2012). Além disso, a oxidação lipídica causa a perda de vitaminas e ácidos graxos, afetando assim o valor nutricional do alimento (Novello & Pollonio, 2013).

Um dos alimentos passíveis a esta reação indesejável é a mortadela, produto cárneo muito consumido obtido da emulsão de carnes adicionado ou não de toucinho, ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial (Brasil, 2000). Por conter lipídeos em sua constituição, os embutidos cárneos como a mortadela, podem passar pelo processo de oxidação lipídica. Mediante tal fato e motivado pela busca por alimentos mais saudáveis, tem-se cada vez mais crescido o interesse em encontrar antioxidantes naturais que retardem tal processo em mortadelas ou em outros embutidos cárneos e que promovam, de forma eficiente, a substituição dos antioxidantes sintéticos da dieta humana (Baldin et al., 2016).

Assim, objetivou-se extrair as betalaínas da beterraba (*Beta vulgaris L.*) e avaliar seu potencial como corante e antioxidante natural em mortadelas de frango, estendendo e melhorando a qualidade do produto cárneo emulsionado.

2. Metodologia

Uma pesquisa visa alcançar um novo ou, novos saberes. No presente estudo, metodologicamente realiza-se uma pesquisa de natureza quantitativa com uso de dados estatísticos como considera Pereira et al. (2018) e com viés qualitativo em relação às betalaínas e seu emprego de modo que as informações qualitativas e as quantitativas se complementam de modo a possibilitar um melhor entendimento dos fenômenos.

2.1. Obtenção do extrato

Para a obtenção do extrato vegetal, foram utilizadas beterrabas (*Beta vulgaris L.*) adquiridas no comércio local de Pombal-PB, sanitizadas em água clorada a 100 ppm. O extrato foi obtido segundo a metodologia descrita por Dallagnol (2013) com modificações. As beterrabas foram descascadas de forma manual, cortadas em cubos de aproximadamente 2 cm e homogeneizadas em liquidificador industrial Vitalex 500W, com os solventes testes. Foram utilizados os solventes: aquoso (100% água), alcoólico (100% etanol) e hidroalcoólico (70% etanol e 30% água) em pH neutro e em pH 3, acidificado com ácido cítrico, obedecendo à proporção de 1:2 (m/v). Após a homogeneização, o extrato passou por agitação mecânica de 12 rpm durante quatro horas. Em seguida, houve a filtração em papel filtro e secagem em estufa de circulação a 40 °C até os extratos estarem completamente secos. Após a secagem, foram armazenados sob refrigeração (4°C) e ao abrigo da luz até sua utilização.

2.2. Quantificação do teor de betalaínas

A quantificação de betalaínas na forma de betacianinas foi determinada por espectrofotometria de acordo com Nilsson (1970).

$$\text{Teor de betalaína (mg/L)} = (A * DF * MW * 1000) / (\epsilon * L),$$

Onde A é a absorção $\lambda_{\text{máx}}$ (538 nm) corrigida pela absorção a 600 nm; DF é o fator de diluição empregado; MW é a massa molar (g/mol); ϵ é a absorvidade molar ($\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) e L é o comprimento do percurso da luz (cm) (Stintzing & Carle, 2008). Sendo, os resultados expressos em mg/L de extrato.

2.3. Avaliação do extrato

O extrato que obteve maior teor de betalaínas foi submetido às seguintes análises:

Teor de fenólicos totais: Foi quantificado pelo método de Folin-Ciocalteu segundo Rossi e Singleton (1965), com alterações de Silva et al. (2006).

Colorimetria: Foi avaliado utilizando o Colorímetro Konica Minolta, modelo CR-10 para leitura dos parâmetros: L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde) e b* (intensidade de amarelo/azul).

2.4. Elaboração de mortadela de ave

A mortadela de frango foi elaborada no Laboratório de Carnes, Ovos e Pescado do CCTA/UFCG – Pombal, segundo a formulação descrita por Dalmás (2014). O estudo de qualidade ocorreu dentro de um período de 45 dias, onde foi avaliado pH, atividade de água, grau de oxidação lipídica das mortadelas por sua reatividade ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) e análise colorimétrica com intervalo de 15 em 15 dias de análise. Assim, foram elaborados quatro formulações: MC (controle negativo) = adição de 0,05% de corante vermelho carmim, MBHT = adição de antioxidante sintético BHT 0,01% e corante vermelho carmim 0,05%, M4% = adição de 4% do extrato otimizado de beterraba; M6% = adição de 6% do extrato otimizado de beterraba (Tabela 1).

Tabela 1. Formulações das mortadelas de Frango.

Ingredientes (%)	MC	MBHT	M4%	M6%
Filé de frango	82	82	82	82
Toucinho	8	8	8	8
Água gelada	4	4	4	4
Fécula de mandioca	4	4	4	4
Sal iodado	1,1	1,1	1,1	1,1
Estabilizante	0,3	0,3	0,3	0,3
Pimenta	0,1	0,1	0,1	0,1
Alho	0,1	0,1	0,1	0,1
Realçador de sabor	0,1	0,1	0,1	0,1
Corante vermelho carmim	0,05	0,05	-	-
BHT	-	0,01	-	-
Extrato de beterraba	-	-	4	6

Fonte: Autor (2019).

2.5. Avaliação da mortadela de ave

Todas as determinações físico-químicas da matéria-prima carne e das mortadelas de frango foram realizadas em triplicata, segundo metodologias descritas a seguir:

Composição Centesimal: Os teores de umidade, cinzas e proteínas foram determinados utilizando a metodologia descrita nos itens nº 950.46.41, 920.153 e 928.08, respectivamente (AOAC, 2012). O extrato etéreo foi determinado seguindo os procedimentos de Folch, Less & Stanley (1957).

Atividade de água (Aa): de acordo com o método 978.18, descrito pela AOAC (2012), utilizando um aparelho AQUALAB CX-2 (Decagon Devices, Washington, USA).

pH: quantificado com um pHmetro digital, seguindo as recomendações do método 977.20, descrito pela AOAC (2012).

Oxidação lipídica (número de TBARS): determinada de acordo com a metodologia para produtos contendo corantes de Hodges et al. (1999) descrita por Baldin et al., (2016).

Colorimetria: avaliada utilizando o Colorímetro Konica Minolta, modelo CR-10 para leitura dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde) e b* (intensidade de amarelo/azul).

2.6. Análise estatística

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado, composto por quatro formulações de mortadela com duas repetições. Os dados de betacianinas, composição centesimal e parâmetros físico-químicos foram submetidos aos testes de Cochran e Shapiro-Wilk para avaliação da homogeneidade e normalidade. Sendo esses pressupostos satisfeitos, aplicou-se Análise de Variância e, quando necessário, o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As avaliações ao longo do tempo foram analisadas pela Análise de Regressão. Quando detectado efeito de regressão, os modelos foram comparados entre si pela estatística “W”. Quando não houve efeito de regressão ao longo do tempo, os dados foram analisados pela Análise de Variância supracitada.

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão representados os valores de betacianinas para os quatro solventes analisados.

Tabela 2. Teor de betacianinas dos extratos avaliados

Extratos analisados	Betacianinas (mg/L)
Extrato aquoso	102,95±0,15 ^c
Extrato alcoólico	146,61±0,43 ^b
Extrato hidroalcoólico – pH neutro	153,14±0,07 ^a
Extrato hidroalcoólico – pH 3	142,66±0,13 ^b

Fonte: Autor (2019).

O extrato hidroalcoólico em pH neutro (153,14 mg/L) extraiu de forma mais eficiente as betacianinas da beterraba e, conseqüentemente, um maior conteúdo de compostos bioativos com propriedades antioxidante, justificando a escolha deste extrato na elaboração das mortadelas experimentais.

Alves et al., (2018), estudando a otimização de extração de compostos bioativos da casca de pitaya, constataram que a combinação água e etanol favorece a formação de um meio moderadamente polar semelhante às condições encontradas no tecido vegetal, tornando mais eficiente a extração destes compostos. Desta forma, a ligação polar do álcool (OH-) com a água, devido a elevada força de atração entre as moléculas, resulta na formação de pontes de hidrogênio contribuindo com a solubilidade do meio e melhor resultado para o solvente hidroalcoólico em pH neutro. Os resultados de betacianinas apresentado neste estudo são superiores aos de Mikołajczyk-Bator & Pawlak (2016), que avaliando o efeito do tratamento térmico no conteúdo destes pigmentos, encontraram valores que variaram de 100,3 a 102,1 mg/L. Após a seleção do extrato a ser utilizado como corante e antioxidante nas mortadelas de frango, procedeu-se a determinação do teor de betacianinas, fenólicos totais e cor do extrato otimizado (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização do extrato otimizado

Extrato otimizado	Teor de fenólicos totais (mg de EAG/ g)	Betacianinas (mg/L)	Parâmetros de cor		
			L*	a*	b*
Extrato hidroalcoólico – pH neutro	99,1	171,26	24,76	20,83	18,00

Fonte: Autor (2019).

O teor de fenólicos totais no extrato otimizado foi de 99,1 mg de EAG /g. Ramos (2016) em seu estudo obteve 25,91 mg de EAG/ g em beterrabas *in natura*. Os compostos fenólicos são importantes nos alimentos, pois agem na etapa de iniciação e propagação do processo de oxidação, neutralizando e sequestrando os radicais livres e assim retardando a oxidação lipídica (Clemente et al., 2018).

O extrato otimizado apresentou 171,26 mg/L de betacianinas, valor esse superior ao encontrado por Correa (2016), que ao extrair as betacianinas usando como solvente a água, obteve 152,7 mg/L. Sobczyk (2018) obteve 483 mg/L de betacianinas ao utilizar o extrato integral da beterraba. Essa diferença pode ser atribuída ao tipo de solvente utilizado, a forma da extração, bem como ao estágio de maturação da beterraba (Sobczyk, 2018).

O extrato otimizado apresentou parâmetros de cor desejáveis e perceptíveis ao olho humano, principalmente pela predominância da cor vermelha (20,83), sendo critério fundamental na aplicabilidade como corante natural em mortadelas de frango.

Estão presentes na Tabela 4 os valores da composição centesimal e das análises físico-químicas do frango. Os resultados de umidade e proteína encontraram-se conforme a Instrução Normativa - 32/2010, que estabelece valores entre 67,16 a 75,40% para umidade e proteínas de 17,81 a 22,05%, em peito de frango.

A umidade influencia nas características sensoriais (maciez, suculência e sabor) e físico-químicas (capacidade de retenção de água, rendimento e cor) da carne de frango. As proteínas contribuem para a estabilidade da emulsão cárnea em produtos processados e no valor nutricional, devido à presença de aminoácidos essenciais.

Tabela 4. Composição centesimal e análise físico-química da carne de frango.

Parâmetros	Frango (Média ± DP*)
Umidade (%)	74,70 ± 1,26
Cinzas (%)	1,04 ± 0,16
Proteínas (%)	21,44 ± 0,47
Lipídeos (%)	1,42±0,24
pH	6,03 ± 0,15
Aa	0,99±0,00
TBA (mg de MDA/kg)	0,41±0,04

*DP – Desvio Padrão, MDA – Malonaldeído. **Fonte:** Autor (2019).

De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos – TACO (2011), os valores médios de cinzas e lipídeos para peito de frango cru é de 1,0 e 3,0%, respectivamente.

Como se pode observar, o resultado para cinzas corroborou com literatura e os resultados de lipídeos apresentaram-se abaixo, o que pode ser atribuído à dieta, corte, idade e forma de confinamento do animal. Os lipídeos são importantes, pois conferem maciez, suculência e palatabilidade aos produtos cárneos (Clemente et al., 2018).

O teor de umidade da carne de frango apresentou valor médio de 74,70%. A umidade da carne é um importante parâmetro para a obtenção do rendimento e da qualidade final do produto, contribuindo para a textura, suculência, sabor palatabilidade da carne como alimento (Henchion et al., 2014). Ademais, existem fatores que determinam as variações no percentual de água da carne, tais como idade, sexo, raça e condição fisiológica.

O pH encontrado foi em torno de 6,03. Segundo Oliveira (2018) este fator um é dos mais importantes na transformação do músculo em carne, influenciando diretamente na qualidade da carne fresca bem como dos produtos cárneos.

O pH diminui devido a formação de ácido lático durante a conversão do músculo em carne, sendo pH final ideal para carne de frango entre 5,7 e 6,0 (Venturini, 2007). O decaimento do pH se faz importante também, pois, auxilia na proteção do produto contra o desenvolvimento microbiano (Reis, 2017).

A atividade de água encontrada foi de 0,99. Este resultado era esperado por tratar-se de um produto cárneo, o qual possui elevada quantidade de água em sua constituição química.

A alta atividade de água indica uma susceptibilidade maior ao crescimento microbiano, pois a mesma está relacionada com a cinética de muitas reações bioquímicas e a capacidade de multiplicação e sobrevivência dos microrganismos (Barbosa et al., 2018).

O valor de TBA da carne de frango foi de 0,41 mg de MDA/kg. De acordo com Chouliara et al., (2008) valores de TBA acima de 3 mg de MDA/kg indicam um estágio de oxidação avançado em produtos cárneos e, portanto, impróprios para o consumo.

Dessa forma pode-se afirmar que a matéria-prima utilizada nesse trabalho estava em boas condições, visto que apresentou valor abaixo do referenciado.

Encontram-se na Tabela 5 os valores da composição centesimal das mortadelas.

Tabela 5. Composição centesimal e parâmetros físico-químicos das mortadelas em estudo.

Parâmetros analisados	MC	MBHT	M4%	M6%
Umidade (%)	68,54±0,11c	66,02±0,15a	67,44±0,16b	66,34±0,23a
Cinzas (%)	1,69±0,24a	2,27±0,05b	2,23±0,08b	2,41±0,08b
Proteínas (%)	15,91±0,09b	15,69±0,60b	14,77±0,12a	14,10±0,27a
Lipídeos (%)	3,71±0,10b	3,67±0,08b	2,94±0,00a	3,07±0,40a
pH	6,72±0,22a	6,64±0,20a	6,30±0,08a	6,40±0,16a
Aa	0,98±0,01a	0,98±0,00a	0,98±0,00a	0,98±0,00a

Fonte: Autor (2019). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Em todos os tratamentos as mortadelas obtiveram umidade acima do valor preconizado pela instrução normativa nº 4, de 31 de março de 2000 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, que é no máximo 65% (Brasil, 2000).

Os resultados de cinzas variaram de 1,69 a 2,41%, sendo que amostra MC apresentou o menor teor cinzas. Essa diferença pode ser explicada pelo fato das amostras MBHT, M4% e M6% terem a adição de aditivos sintéticos e extratos de beterraba, respectivamente, causando uma maior quantidade de resíduo mineral.

Para os parâmetros de lipídeos e proteínas, todas as amostras estiveram dentro dos parâmetros estabelecidos pela instrução normativa nº 4, de 31 de março de 2000 do MAPA, apresentando-se com menos de 30% de gordura e mais de 12% de proteínas (Brasil, 2000). Os baixos valores de lipídeos indicam que a carne utilizada no presente estudo é uma carne magra, ou seja, nutricionalmente possui um menor valor calórico e quimicamente menos susceptível a oxidação.

Os valores de pH de todas as formulações estiveram próximos a neutralidade, assim como na matéria-prima. Para o parâmetro de atividade de água também não foram encontradas diferenças entre os tratamentos. O resultado de 0,98 é considerado alto e já esperado em produtos cárneos (Barreto et al., 2017). Tanto a atividade de água quanto o pH, são variáveis essenciais no estudo de qualidade de produtos cárneos, pois a água é um dos principais meios para o desenvolvimento bacteriano, e o pH por sua vez, quando elevado indica que houve a desaminação das proteínas e o acúmulo de metabólitos decorrente da ação bacteriana das carnes (Bhat et al., 2011). Assim, torna-se necessário o uso de aditivos sintéticos ou naturais ricos em compostos fenólicos como é o caso das betacianinas utilizadas nesse estudo. Na Tabela 6 estão apresentados os parâmetros de cor das mortadelas ao longo de 45 dias de estocagem.

Tabela 6. Valores dos parâmetros de cor ao longo da estocagem da mortadela.

L (luminosidade)				
Tempo (dias)	MC	MBHT	M4%	M6%
0	51,80±1,50 b	49,70±3,15 b	28,93±0,65 a	29,70±1,31a
15	48,20±3,66 b	51,30±2,52 b	29,07±0,91 a	34,13±0,67a
30	52,97±1,67 b	55,80±1,28 b	32,87±0,84 a	31,07±1,01a
45	54,03±0,97 d	50,57±1,78 c	32,13±0,15 b	28,33±0,40a
valor-p	< 0,05	> 0,05	< 0,05	> 0,05
Modelo	$y = 0,0764x + 50,03$ ($R^2 = 0,2048$)		$y = 0,0893x + 28,74$ ($R^2 = 0,6485$)	
a* (coordenada vermelho)				
Tempo (dias)	MC	MBHT	M4%	M6%
0	7,23±0,29 a	6,40±0,10 a	17,23±0,32 b	22,37±1,33 c
15	7,03±0,31 b	7,67±0,15 a	19,50±1,18 b	22,43±0,85 c
30	7,37±0,51 a	5,37±0,38 a	20,87±0,17 b	19,03±0,81c
45	7,97±0,38 a	7,03±0,58 a	18,80±0,44 b	19,93±1,36 b
valor-p	> 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05
Modelo	$y = -1,07x + 22,547$ ($R^2 = 0,4676$)			
b* (coordenada amarelo)				
Tempo (dias)	MC	MBHT	M4%	M6%
0	18,83±0,83 a	18,33±0,85 a	19,13±0,40 a	19,10±0,46 a
15	17,90±0,62 ab	19,27±1,46 b	15,70±0,46 a	17,60±0,92 ab
30	18,40±0,26 c	19,43±0,50 c	16,03±0,55 b	14,97±0,15 a
45	19,13±0,49 c	18,70±0,70 c	16,23±0,06 b	13,53±0,35 a
valor-p	> 0,05	> 0,05	< 0,05	>0,05
Modelo			$y = -0,0558x + 18,03$ ($R^2 = 0,4367$)	$y = -0,1289x + 19,2$ $R^2 = 0,9458$

*letras iguais apresentam igualdade entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **Fonte:** Autor (2019).

No parâmetro L (luminosidade) foi observado efeito de regressão linear apenas nos tratamentos MC e M4%, sendo justificável pelo fato de que o primeiro não possui nenhum tipo de antioxidante e o terceiro uma concentração menor de antioxidante natural (4%), não sendo suficiente para manter a estabilidade das mortadelas ao longo do estudo.

Além disso, MC e M4% apresentou um aumento da luminosidade ao fim dos 45 dias. Em estudo sobre o efeito combinado da embalagem de quitosana e atmosfera modificada para prolongamento da vida de prateleira de filés de peito de frango, Latou et al., (2014), também observou que em alguns de seus tratamentos a luminosidade aumentou.

Do mesmo modo Baldin et al., (2016), observou aumento do parâmetro L em seu trabalho de mortadelas com adição de extrato de jabuticaba. Vale salientar que tal comportamento não afeta na qualidade do produto.

Ao final dos 45 dias, M4% e M6% apresentaram os menores valores de luminosidade, o que é esperado, pois foram adicionados corante extraído da beterraba que conferem uma coloração mais escura.

Em relação ao parâmetro a^* pode-se analisar que houve efeito de regressão linear apenas para o tratamento M6%, ocorrendo um decréscimo da pigmentação, o que indica a ação antioxidante das betalaínas, pois as mesmas ao inibirem os radicais livres, sofrem uma modificação em sua estrutura química resultando em um sutil perda da cor vermelha.

Entretanto, ao final dos 45 dias, tanto M4% quanto M6% apresentaram cor vermelha mais intensa que MC e MBHT, o que é esperado, pois as betalaínas apresentam maior poder tintorial que alguns corantes sintéticos, inclusive o vermelho carmim (Constant et al., 2002)

Em relação ao parâmetro b^* foi constatado o efeito de regressão linear para os tratamentos M4% e M6%, havendo uma diminuição da cor amarelada. As betalaínas que constituem a beterraba são subdivididas em dois tipos, sendo em maior parte as betacianinas, que conferem a coloração vermelha e roxa, e uma pequena parte por betaxantinas, que conferem a coloração amarelada (Volp et al. 2009).

Desse modo, pode se concluir que as betaxantinas sofreram degradação e, por isso, houve o decréscimo de b^* .

Na Tabela 7 estão expressos os resultados de pH e atividade de água, não sendo constatado efeito de regressão linear ao final do experimento.

Tabela 7. Valores de pH e Atividade de água longo da estocagem da mortadela

pH				
Tempo (dias)	Tratamento			
	MC	MBHT	M4%	M6%
0	6,72±0,22 a	6,64±0,20 a	6,30±0,08 a	6,40±0,16 a
15	6,58±0,18b	6,34±0,09b	5,93±0,09a	5,88±0,03a
30	6,79±0,03bc	6,94±0,05c	6,60±0,16ab	6,47±0,17a
45	6,48±0,10b	6,52±0,14b	6,25±0,12b	5,64±0,12a
valor-p	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05

Atividade de água				
Tempo (dias)	Tratamento			
	MC	MBHT	M3	MC
0	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a
15	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a
30	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a
45	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a	0,98±0,00 a
valor-p	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05

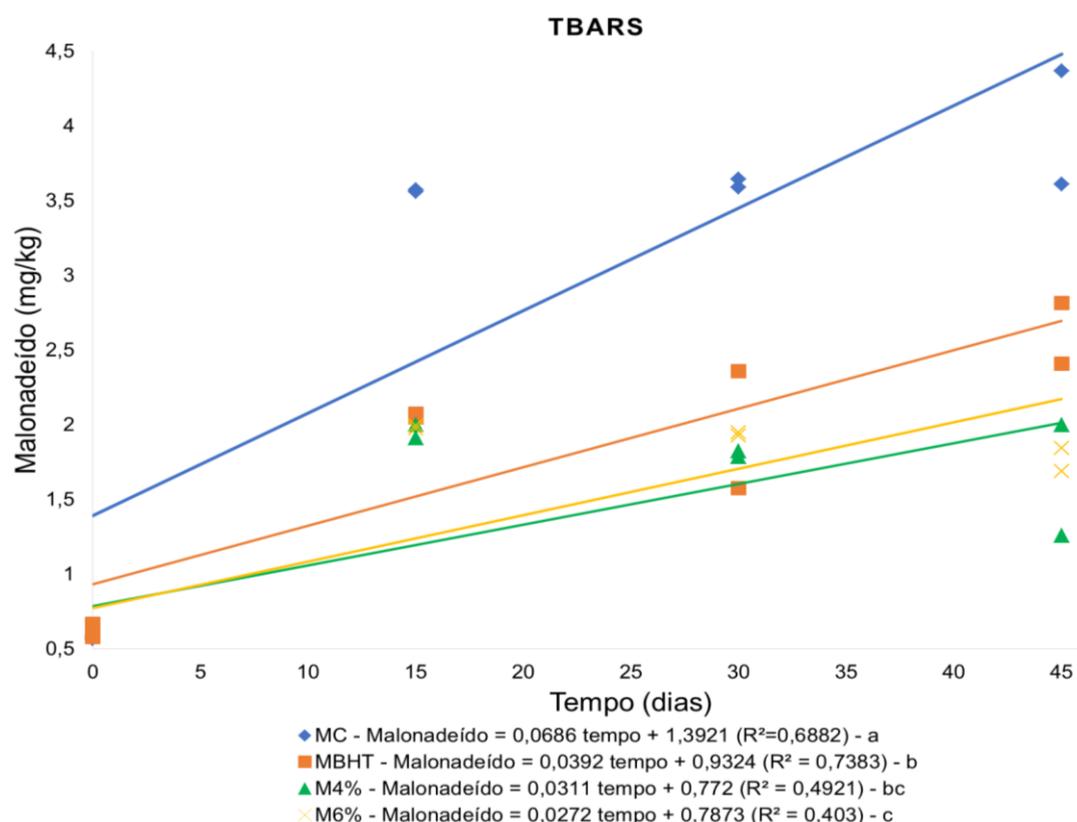
a,b,c – médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$) na linha.

Pode-se observar que no tempo zero não houve diferença estatística entre os tratamentos, porém ao final dos 45 dias a amostra M6% apresentou pH menor que as outras três formulações. Hwang et al. (2017) cita que o decaimento do pH pode ocorrer pela fermentação da beterraba por microrganismos. O pH além de estar ligado a fatores microbiológicos também está relacionado com reações químicas durante a deterioração, este parâmetro reflete diretamente na estabilidade do alimento (Hwang et al., 2017).

Além do pH a atividade é outro parâmetro importante a ser estudado em alimentos, como citado anteriormente, a água propicia maciez aos alimentos, porém também proporciona o crescimento de microrganismos e o desencadeamento de reações químicas indesejadas. Como é possível observar, durante os 45 dias de estudo, o valor de 0,98 de atividade de água não variou entre os tratamentos, demonstrando uma boa estabilidade do produto cárneo emulsionado. Tal estabilidade pode ser atribuída a embalagem que não permitiu perda de água por evaporação.

Os resultados obtidos para a análise de oxidação lipídica ao decorrer dos 45 dias, para as diferentes formulações de mortadela estão expressos na Figura 1. O malonaldeído, composto quantificado nessa análise e mensurado devido sua reatividade ao ácido tiobarbitúrico, é um dos produtos formados no segundo estágio da autoxidação dos lipídeos, após oxidação dos peróxidos em acetonas e aldeídos (Barbosa et al., 2018).

Figura 1. Oxidação lipídica das mortadelas durante os 45 dias.



Fonte: Autor (2019).

Verificou-se que todos os tratamentos sofreram efeito de regressão linear após decorridos os 45 dias de armazenamento sob refrigeração, havendo o aumento da oxidação lipídica. Ao final, o tratamento MC foi a amostra que apresentou maior oxidação (3,99 mg de malonaldeído/Kg), o que era esperado, pois não houve a adição de nenhum tipo de antioxidante. Segundo Chouliara et al., (2008) e Al-kahtani et al. (1996), alimentos com produção de malonaldeído acima de 3 mg/kg são impróprios para o consumo.

As formulações MBHT (2,61 mg de malonaldeído/Kg), M4% (1,72 mg de malonaldeído/Kg) e M6% (1,77 mg de malonaldeído/Kg) apresentaram valores menores que 3 mg de malonaldeído, sendo M6% diferente estatisticamente da mortadela adicionada do antioxidante sintético (MBHT) e igual estatisticamente a M4%. Tal resultado é atribuído a presença de betalaínas provenientes do extrato da beterraba, que possuem a capacidade ligar-se aos radicais livres e assim retardar a iniciação da oxidação lipídica. Esses resultados evidenciaram a importância de se fazer o uso do antioxidante, de modo que assegure a qualidade do alimento, e revelaram o potencial dos antioxidantes naturais provenientes da beterraba como substituto ao conservante sintético (BHT).

4. Considerações Finais

O extrato de beterraba se apresentou como uma importante fonte de betalaínas na forma de betacianinas, composto bioativo que além de responsável pela atividade antioxidante, se revelou um corante natural bastante promissor, apresentando melhor extração em solução hidroalcoólica em pH neutro.

Decorrido os 45 dias pode-se verificar que não houve variações de atividade de água e pH. Porém em relação à análise de cor as formulações M4% e M6% apresentaram maiores valores para o parâmetro a^* (vermelho), o que sugere um maior potencial colorífico do corante natural ao sintético (vermelho carmim).

Por fim, os antioxidantes presentes na beterraba se mostraram superior ao sintético, de acordo com análise de TBARS. Desse modo, pode-se concluir que os compostos bioativos presentes na beterraba foram extraídos de forma eficaz, promovendo uma maior estabilidade oxidativa dos produtos cárneos emulsionados.

Referências

Al-kahtani, HA, Abu-tarboush, HM & Bajaber, AS. (1996). Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in Tilapia and Spanish mackerel. *Journal of Food Science*, 61 (4), 729-733.

Alves, ACB, Monteiro, LB & Pompeu, DR. (2018). Otimização da extração sólido-líquido de compostos bioativos da casca de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 12(10), 2556-2577.

Alberti, A, Zielinski, AAF, Zardo, DM, Demiate, IM, Nogueira, A & Mafra, LI. (2014). Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology. *Food Chemistry*, 149, 151–158.

Baldin, JC, Michelin, EC, Polizer, YJ, Rodrigues, I, Godoy, SHS, Fregonesi, R. P., & Fernandes, AM. (2016). Microencapsulated jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract added to fresh sausage as natural dye with antioxidant and antimicrobial activity. *Meat Science*, 118, 15-21.

Barbosa, TCM, Clemente, JN, Silva Chaves, K, Fonseca, SB & Meireles, BRLA. (2018). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental (Pombal-PB-Brasil)*, 12(1), 25-30.

Barreto, EH, Stocco, CW, Almeida, L, Nascimento, RF & Bittencourt, JVM. (2017). Parâmetros de qualidade no processamento de mortadelas. *Espacios*. 38(24), 2-10.

Bhat, ZF, Kumar, P & Kumar, S. (2011) Effect of skin, enrobing and refrigerated storage on the quality characteristics of chicken meat balls. *Journal of Food Science and Technology*. 50 (5): 890–899.

Brasil (2000). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N° 4, de 31 de março de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela. Brasília.

Cai, Y, Sun, M & Corke, H. (2003). Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2288-2294.

Chouliara, E et al. (2008). Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: Microbiological, chemical and sensory changes. *European Food Research and Technology*, 226, 877-888.

Clemente, JN. (2018). Estabilidade oxidativa de hambúrguer de frango em embalagens ativas com extrato de barbatimão e orégano. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia de alimentos*. Universidade Federal de Campina Grande – CCTA. Pombal.

Conte, FA. (2016). Efeitos do consumo de aditivos químicos alimentares na saúde humana. *Revista Espaço Acadêmico*, 16(181), 69-81.

Correa, F. (2016). Clarificação do extrato obtido a partir do resíduo da fabricação do suco de beterraba (*Beta vulgaris* L.) por microfiltração. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia Química*. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Constant, PBL, Stringheta, PC & Sandi, D. (2002). Corantes alimentícios. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*. 20, 203-220

Cunha, GC, Lima, AVSC, Leite, TB, Silva, TH & Santos, MRL. (2017). *Qualidade microbiológica e físico-química de diferentes marcas de mortadela de frango*. VI Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológica do IF Goiano. Goiânia, p. 1-3.

Dallagnol, VC. Avaliação do extrato de beterraba microencapsulado. (2013). *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia de Alimentos*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.

Dalmás, PS. (2014). *Processamento de Carne Caprina e Ovina*. Petrolina.

Latou, E, Mexis, SF, Badeka, AV, Kontakos, S & Kontominas, MG. (2014) Efeito combinado da embalagem de quitosana e atmosfera modificada para prolongamento da vida de prateleira de filés de peito de frango. *LWT - Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 55(1), 263-268.

Fabri, EG & Teramoto, JRS. (2015) Urucum: fonte de corantes naturais. *Horticultura Brasileira*. 33(1), 140.

Folch, J, Less, M & Stanley, SA. (1957). Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226, 497-509.

Gonçalves, LAA. (2016). *Alergias a alimentos ou a derivados usados como excipientes em medicamentos* (Doctoral dissertation).

Henchion, M, McCarthy, M, Resconi, VC & Troy, D. (2014). Meat consumption: Trends and quality matters. *Meat science*, 98(3), 561-568.

Horwitz, W. (1975). *Official methods of analysis*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2012.

- Hwang, KE, Kim, TK., Kim, WH, OH, NS, Kim YB, Jeon, KH & Choi YS. (2017). Efeito de extratos fermentados de beterraba vermelha na estabilidade de prateleira de salsichas tipo frankfurters com pouco sal. *Ciência dos Alimentos e Biotecnologia*, 26 (4), 929 – 936.
- Juárez, M, Dugan, MER, Aldai, N, Basarab, JA, Baron, VS, Mcallister, TA & Aalhus, JL. (2012). Beef quality attributes as affected by increasing the intramuscular levels of vitamin E and omega-3 fatty acids. *Meat Science*, 90, 764-769.
- Mikołajczyk-Bator, K & Pawlak, S. (2016). Efeito do tratamento térmico na capacidade antioxidante e no conteúdo de pigmentos em frações separadas de betalaína. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 15 (3), 257-265.
- Nilsson, T. (1970). Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). *Lantbrukshogskolans annaler*, 36, 179-219.
- Novello. D & Pollonio, MAR. (2013). Teores de colesterol e oxidação lipídica em hambúrguer bovino com adição de linhaça dourada e derivados. *Pesq. agropec. bras.*, 48(7), 805-808.
- Nunes, MADS. (2013). *Estudo de alternativas naturais a aditivos utilizados em produtos cárneos à base de aves na Empresa X* (Doctoral dissertation).
- Oliveira, DP. (2018) Qualidade da carne de frangos de corte alimentados com gérmen integral de milho. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) bacharelado em zootecnia - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Pereira, AS, Shitsuka, DM, Parreira, FJ & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 6 maio 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.
- Polônio, MLT & Peres, F. (2009). Food additive intake and health effects: public health challenges in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 25(8).

Prasad, KN, Hassan, FA, Yang, B, Kong, KW, Ramanan, RN, Azlan, A & Ismail, A. (2011). Response surface optimisation for the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities of underutilised *Mangifera pajang* Kosterm peels. *Food Chemistry*, 128(4), 1121–112.

Ramos, JA. (2015). Aceitabilidade e qualidade nutricional de beterrabas in natura e pré-processadas submetidas a diferentes métodos de cocção. Botucatu, 2015.

Reis, RCD. (2017). *Qualidade nutricional da carne de tourinhos nelore e ½ angus-nelore terminados em confinamento ou em pastagem com suplementação*. Goiânia.

Sobczyk, AE. (2018). Influência do HTST na estabilidade de betalaínas provenientes do bulbo da beterraba vermelha. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia Química. Escola de Engenharia*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Silva, TMS, Camara, CA, Silva Lins, AC, Barbosa-Filho, JM, Silva, EMS, Freitas, BM & dos Santos, FDAR. (2006). Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Journal of food composition and analysis*, 19(6-7), 507-511.

Stintzing, FC & Carle, R. (2008). Analysis of betalains. *Food colorants. Chemical and functional properties*. Ed. C. Socaciu. CR Press Taylor & Francis Group, 507-520.

Universidade Estadual de Campinas. (2011). *Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO*.

Venturini, KS, Sarcinelli, MF & Silva, LCD. (2008). Características da Carne de Frango. 2007. Universidade Federal do Espírito Santo. UFES. Disponível em <http://www.agais.com/telomc/b01307_caracteristicas_carnefrango.pdf>. Acesso em: 2 maio 2020.

Volp, ACP, Renhe, IRT & Stringueta, PC. (2009). Pigmentos Naturais Bioativos. *Alim. Nutr.*, 20(1), 157-166.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Bruno Ranieri Lins de Albuquerque Meireles – 15%

Raíssa Cristina Leandro Vitor – 25%

Sinthya Kelly Queiroz Morais – 25%

Thaísa Cidarta Melo Barbosa – 10%

Sabrina dos Santos Costa – 12,5%

Sthelio Braga da Fonseca – 12,5%