

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Sandra Júnia Monteiro Silva

**Propriedades antifúngicas e bioativas de óleo de café e desempenho de derivados do café
em muffins**

Diamantina

2020

Sandra Júnia Monteiro Silva

**Propriedades antifúngicas e bioativas de óleo de café e desempenho de derivados do café
em muffins**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestra.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Schmiele

Diamantina

2020

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586c

Silva, Sandra Junia Monteiro

Propriedades antifúngicas e bioativas de óleo de café e desempenho de derivados do café em muffins / Sandra Junia Monteiro Silva, 2020.
103 p.: il.

Orientador: Marcio Schmiele

Dissertação (Mestrado– Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

1. Antioxidantes. 2. Compostos fenólicos. 3. Cafeína. 4. Fungos. 5. Panificação. 6. Fibras alimentares. I. Schmiele, Marcio. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 664

SANDRA JÚNIA MONTEIRO SILVA

PROPRIEDADES ANTIFÚNGICAS E BIOATIVAS DE ÓLEO DE CAFÉ E DESEMPENHO DE DERIVADOS DO CAFÉ EM MUFFINS

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS,
nível de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MESTRA EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Orientador (a): Prof. Dr.
Marcio Schmiele
Data da aprovação: 16/09/2020

Prof. Dr. MARCIO SCHMIELE - UFVJM

Prof.ª. Dr.ª LEANDRA ZAFALON JAEKEL - IFSul

Dr.ª NATHÁLIA DE ANDRADE NEVES - UFVJM

DIAMANTINA



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Schmiele, Servidor**, em 16/09/2020, às 16:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandra Zafalon Jaekel, Usuário Externo**, em 16/09/2020, às 16:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nathália de Andrade Neves, Servidor**, em 17/09/2020, às 10:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0161064** e o código CRC **E5477629**.

17/09/2020

SEI/UFVJM - 0161064 - Documento

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha concretização à Deus, que me deu forças para seguir e me mostrou pessoas as quais me faltam palavras para agradecer, dentre elas destaco uma tão especial, o meu braço direito que me incentivou e se fez presente a todo momento, Marcio, você não é apenas um orientador, é um amigo para vida. Serei eternamente grata por tudo que consagrou a mim. Que benção em ter lhe conhecido! Muito obrigada!

Agradeço também à professora Nísia e à Paula por todo auxílio e aprendizado. À todos os técnicos de laboratório, em especial à Nathália e à Keyla por todo suporte e ajuda. Agradeço também a todos os professores, em especial a Larissa, Francielle e Tatiana.

Gratidão aos meus pais, Elizabete e Assis, pela fé e confiança dedicada a mim. Aos meus irmãos, Josimar e Gilson, pelo apoio de sempre. Ao Luiz, meu marido, pelo companheirismo e pelo incentivo. Ao meu amado filho, João Antônio, por ser meu maior encorajamento para todas as dificuldades. A minha tia Nathália e minhas primas Adriana e Elizadréia por todo apoio desde o início da minha carreira acadêmica. Amo vocês.

A todos meus colegas, em especial à Maira, Renata, Lais, Regiane, Adrielle, Geórgia, por sempre estarem dispostas a me ajudar, tornando essa jornada mais leve.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 para o suporte financeiro, além da concessão da bolsa de estudos (protocolo 23038.014292/2018-73). Agradeço ainda à FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Por fim, e não menos importante, agradeço a cada um que confiou na minha vitória, que em silêncio orou e torceu verdadeiramente por mim. Obrigada!

RESUMO

O café está entre as grandes commodities mundiais, possui sabor e aroma que agrada a maioria das pessoas e apresenta propriedades bioativas, destacando-se as atividades antioxidantes e antimicrobianas, a presença de fibras alimentares e cafeína. A estratégia de incorporar o café em produtos de panificação apresenta-se como uma alternativa promissora. Os bolos tipo muffin são populares e encontram-se entre os três produtos mais consumidos pela população. Assim, o presente estudo visou: (i) isolar e identificar o gênero dos fungos do bolo tipo muffin e investigar a atividade antifúngica dos óleos de café verde e torrado sobre os fungos; (ii) analisar os compostos fenólicos e avaliar a capacidade antioxidante do óleos pelo método DPPH e FRAP; (iii) avaliar o desempenho do café torrado moído, extrato de café e óleo de café torrado como ingrediente alimentar adicionado ao bolo tipo muffin. Na primeira etapa foram identificados três tipos pertencente ao gênero *Trichothecium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, dentre os fungos isolados do bolo. Não houve atividades antifúngicas dos óleos de café cru e torrado frente aos fungos isolados. Em relação a análise de compostos fenólicos, o óleo do café torrado foi o de maior quantidade desse composto. Para análise antioxidante pelo método DPPH, ambos óleos possuíram capacidade antioxidante e embora não tenham sido significativamente diferentes, o óleo de café torrado obteve maior valor. Pelo método FRAP, o óleo do café torrado também foi o mais eficiente, com diferença estatística. Com base nesses resultados pode-se inferir que o óleo de café torrado possui maior capacidade antioxidante que o óleo de café cru. Na segunda etapa foi avaliado o desempenho do café torrado moído, do extrato de café e do óleo de café torrado sobre a massa e os muffins. A estratégia experimental utilizada foi a metodologia de superfície de resposta através de um delineamento composto central rotacional com 3 variáveis independentes. As respostas avaliadas foram o pH e a gravidade específica (GE) da massa e o volume específico, a textura (firmeza e dureza), a cor (L^* , a^* , b^* , ΔE) instrumentais, a umidade e a atividade de água dos bolos. Constatamos que as respostas que obtiveram significância estatística ($p < 0,10$) foram a GE na massa e a firmeza e a cor instrumental (L^* , b^* e ΔE , do miolo; L^* , a^* , b^* e ΔE da crosta) do bolo. Observando os parâmetros que foram significativos e avaliando a desejabilidade estatística, foram otimizadas duas formulações. As formulações otimizadas obtiveram menores valores de firmeza e dureza que a padrão, consequentemente, resultou em um produto com textura mais macia. A coloração foi mais escura que a padrão em decorrência da adição de café torrado. Na análise da composição centesimal houve aumento significativo no teor de cinzas, lipídeos, fibras alimentares e umidade das

formulações otimizadas em relação à padrão. O teor de carboidratos digeríveis menor para o ponto ótimo 1. Além disso, os bolos adicionados de café foram enriquecidos com maior quantidade de cafeína e fibras. Assim, duas formulações de bolos tipo muffins foram desenvolvidas com melhores características físico-químicas e nutricionais que a padrão, demonstrando que o café é um interessante ingrediente alimentar para ser incorporado a massa dos bolos.

Palavras chave: Antioxidantes. Compostos fenólicos. Cafeína. Fungos. Panificação. Fibras alimentares.

ABSTRACT

Coffee is among the major world commodities, has a flavor and aroma that pleases most people and has bioactive properties, with emphasis on antioxidant and antimicrobial activities, the presence of dietary fibers and caffeine. The strategy of incorporating coffee in bakery products is a promising alternative. Muffin cakes are popular and are among the three most consumed products by the population. Thus, the present study aimed to: (i) isolate and identify the genus of fungi of the muffin cake and investigate the antifungal activity of green and roasted coffee oils on the fungi; (ii) analyze the phenolic compounds and evaluate the anti-toxicity capacity of the oils by the DPPH and FRAP method; (iii) evaluate the performance of ground roasted coffee, coffee extract and roasted coffee oil as a food ingredient added to the muffin cake. In the first stage, three types belonging to the genus *Trichothecium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., Were identified among the fungi isolated from the cake. There were no antifungal activities of oils of raw and roasted coffee against isolated fungi. Regarding the analysis of phenolic compounds, roasted coffee oil was the one with the highest amount of this compound. For antioxidant analysis by the DPPH method, both oils had antioxidant capacity and although they were not significantly different, roasted coffee oil obtained a higher value. By the FRAP method, roasted coffee oil was also the most efficient, with statistical difference. Based on these results, it can be inferred that roasted coffee oil has a greater antioxidant capacity than raw coffee oil. In the second stage, the performance of roasted ground coffee, coffee extract and roasted coffee oil on the dough and muffins was evaluated. The experimental strategy used was the response surface methodology through a central rotational composite design with 3 independent variables. The responses evaluated were the pH and specific gravity (GE) of the mass and the specific volume, texture (firmness and hardness), color (L^* , a^* , b^* , ΔE) instrumental, humidity and activity of water from the cakes. We found that the responses that obtained statistical significance ($p < 0.10$) were the SG in the mass and the firmness and instrumental color (L^* , b^* and ΔE , of the crumb; L^* , a^* , b^* and ΔE of the crust) of the cake. Observing the parameters that were significant and evaluating the statistical desirability, two formulations were optimized. The optimized formulations obtained lower values of firmness and hardness than the standard, consequently, resulted in a product with softer texture. The color was darker than the standard due to the addition of roasted coffee. In the analysis of the proximate composition there was a significant increase in the content of ash, lipids, dietary fibers and moisture in the formulations optimized in relation to the standard. The levels of digestible carbohydrates was

lower for the optimal point 1. In addition, the added coffee cakes were enriched with more caffeine and fiber. Thus, two muffin cake formulations were developed with better physical-chemical and nutritional characteristics than the standard, demonstrating that coffee is an interesting food ingredient to be incorporated into the cake dough.

Keywords: Antioxidants. Phenolic compounds. Caffeine. Fungi. Bread making. Dietary fibers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 - Representação do corte longitudinal do fruto do café	32
Figura 3.2 - Representação esquemática da ação dos óleos essenciais na permeabilidade da membrana celular e alteração no gradiente iônico da célula	38
Figura 4.1 - Morfologia das 4 colônias de fungos encontrados no bolo	56
Figura 5.1 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre a gravidade específica e a firmeza	82
Figura 5.2 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre os parâmetros L^* e b^* do miolo	85
Figura 5.3 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre os parâmetros ΔE do miolo e L^* da crosta	86
Figura 5.4 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre os parâmetros b^* e ΔE da crosta	87
Figura 5.5 - Curva de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre o parâmetro a^* da crosta	88

LISTA DE TABELA

Tabela 3.1 - Informações sobre a composição química dos grãos de café cru e torrado da espécie <i>Coffea arabica</i> L., em porcentagem	34
Tabela 3.2 - Composição lipídica dos grãos de café cru	35
Tabela 4.1 - Ingredientes do bolo tipo muffin	51
Tabela 4.2 - Identificação macroscópica dos fungos isolados do bolo tipo muffin	55
Tabela 4.3 - Classificação do micro-organismo em relação ao composto antimicrobiano testado.....	57
Tabela 4.4 - Concentração de compostos fenólicos nos óleos de café cru e torrado.....	59
Tabela 4.5 - Valores de IC ₅₀ pelo método DPPH e de capacidade antioxidante total pelo método DPPH e FRAP dos óleos de café.....	60
Tabela 5.1 - Delineamento composto central rotacional com 3 variáveis independentes para a elaboração dos bolos tipo muffin	73
Tabela 5.2 - Quantidade dos ingredientes utilizados nas diferentes formulações do bolo tipo muffin em base farinha	74
Tabela 5.3 - Resultado das análises físico-químicas da massa e dos bolos elaborados	81
Tabela 5.4 - Resultado das análises físico-químicas da cor instrumental do miolo e da crosta.....	84
Tabela 5.5 - Modelos matemáticos preditivos para as variáveis dependentes das análises da massa e dos bolos que foram estatisticamente significativas ($p \leq 0,10$, $R^2 \geq 0,80$)	91
Tabela 5.6- Quantidades dos ingredientes utilizados nas formulações padrão e otimizadas em relação a base farinha de trigo	92
Tabela 5.7 - Análise da desejabilidade para se obter os parâmetros físico químicos na massa e no bolo	93
Tabela 5.8 - Caracterização dos parâmetros de qualidade e análise centesimal da formulação padrão e dos pontos ótimos (PO).....	94
Tabela 5.9 - Parâmetros de porosidade (estrutura alveolar) das formulações padrão e otimizadas.....	96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	17
1.1	Referências	18
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo Geral	21
2.2	Objetivo específico	21
3	CAPÍTULO I – PROPRIEDADES DO CAFÉ E POTENCIALIDADES PARA APLICAÇÃO EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO	23
3.1	Introdução	26
3.2	Importância econômica e consumo de café	26
3.3	Importância econômica, consumo, ingredientes e forneamento do bolo.....	27
3.4	Processamento e composição química do café	32
3.5	Óleo de café	34
3.6	Efeito antimicrobiano de extratos vegetais.....	37
3.7	Capacidade antioxidante dos óleos de café	38
3.8	Utilização de café em produtos de panificação	40
3.9	Considerações finais	40
3.10	Agradecimentos	41
3.11	Referências	41
4	ARTIGO I - PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS EM BOLORES ISOLADOS DE MUFFINS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS DE CAFÉ (<i>Coffe arábica</i> L.) CRU E TORRADO	47
4.1	Introdução	50
4.2	Materiais e métodos.....	51
4.2.1	<i>Elaboração do bolo</i>	51
4.2.2	<i>Isolamento dos micro-organismos do bolo</i>	51
4.2.3	<i>Identificação macroscópica dos fungos isolados do bolo</i>	52
4.2.4	<i>Identificação microscópica dos fungos isolados do bolo</i>	52
4.2.5	<i>Análise antifúngica do óleo de café cru e torrado frente aos microrganismos do bolo</i>	52
4.2.6	<i>Determinação dos compostos fenólicos totais</i>	53
4.2.7	<i>Capacidade antioxidante in vitro</i>	54
4.2.8	<i>Análise estatística</i>	55
4.3	Resultado e discussão	55

4.3.1	<i>Isolamento e identificação dos microrganismos do bolo</i>	55
4.3.2	<i>Efeito antifúngico dos óleos essenciais de café torrado e cru</i>	57
4.3.3	<i>Compostos fenólicos totais</i>	59
4.3.4	<i>Capacidade antioxidante</i>	60
4.4	Conclusão.....	62
4.5	Agradecimentos.....	62
4.6	Referências.....	62
5	ARTIGO II - OTIMIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO BOLO TIPO MUFFIN ADICIONADO DE DERIVADOS DE CAFÉ (<i>Coffea arábica</i> L.) ..	67
5.1	Introdução.....	70
5.2	Material e métodos.....	71
5.2.1	<i>Descrições dos procedimentos para a execução do projeto</i>	71
5.2.2	<i>Delineamento experimental</i>	72
5.2.3	<i>Formulação dos bolos</i>	73
5.2.4	<i>Preparação da massa do bolo</i>	74
5.2.5	<i>Análise físico-químicas da massa do bolo</i>	75
5.2.6	<i>Análises físico-químicas do bolo</i>	75
5.2.7	<i>Análises de composição centesimal, de cafeína e de imagem das fatias das formulações padrão e otimizadas</i>	76
5.2.8	<i>Análise estatística</i>	77
5.3	RESULTADO E DISCUSSÃO	78
5.3.1	<i>Resultado das análises físico-químicas da massa e do bolo</i>	78
5.3.2	<i>Otimização da formulação do bolo e validação dos modelos matemáticos</i>	90
5.3.3	<i>Caracterização físico-química do bolo padrão e dos pontos otimizados</i>	94
5.4	CONCLUSÃO	97
5.5	Agradecimentos.....	98
5.6	REFERÊNCIAS	98
6	CONCLUSÃO GERAL	103

1 INTRODUÇÃO GERAL

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo (MUSSATTO *et al.*, 2011). Entre 2009 e 2019, a produção e o consumo de café aumentaram cerca de 20 % (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2019), estabelecendo este alimento como uma das principais commodities comercializadas no mundo, atrás apenas do petróleo (MUSSATTO *et al.*, 2011). No entanto, com a pandemia da COVID-19, o preço do petróleo, do gás natural e dos minérios sofreu uma drástica queda, enquanto os alimentos mantiveram o valor econômico (WORLD BANK GROUP, 2020). O café é conhecido como uma bebida estimulante, característica atribuída principalmente à presença da cafeína, além de possuir sabores e aromas únicos como consequência de uma composição química complexa no grão cru e torrado, processo pelo qual a complexidade é aumentada (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; MENDES, 2005).

Além dos grãos in natura utilizados para elaboração das bebidas mais tradicionais à base de extrato, observa-se no mercado a entrada de diversos produtos adicionados de derivados de café, como produtos de panificação, balas, bebidas alcoólicas e não alcoólicas (ORMOND *et al.*, 1999).

Por ser uma das bebidas mais populares e conhecidas mundialmente, com relevante importância econômica, têm sido realizadas diversas pesquisas para o uso do óleo de café com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, bem como, sobre os efeitos fisiológicos e fisiopatológicos dos constituintes do café. Entre as substâncias presentes na composição química, destacam-se os nutrientes principais, a cafeína, os diterpenos, cafestol e caveol e os ácidos clorogênicos (CGA), o que faz do café uma fonte significativa destes compostos (LIMA *et al.*, 2010).

Têm-se observado a utilização de grãos de café moído como um novo ingrediente devido à grande quantidade de fibra alimentar e alta capacidade antioxidante, proporcionando vários benefícios à saúde humana (LÓPEZ-BARRERA *et al.*, 2016; MARTINEZ-SAEZ *et al.*, 2017). Além destas melhorias nas características nutricionais dos alimentos, a adição de café pode alterar as características de textura de produtos de panificação, como por exemplo em bolos, podendo impactar positivamente a aceitação do produto.

Os bolos estão entre os produtos de panificação mais populares e consumidos mundialmente. Desempenham um papel importante em ocasiões como festas de casamentos, aniversário, feriados e ocasiões especiais. São feitos de uma mistura de ingredientes como

farinha, açúcar, ovo e gordura ou óleo e são caracterizados por apresentarem estrutura leve, aerada e delicada e com miolo macio (AGRAHAR-MURUGKAR *et al.*, 2018).

Dentre as variedades de bolos existentes no mercado tem-se os bolos tipo muffins, um produto de panificação que vem aumentando significativamente a popularidade (GOSWAMI *et al.*, 2015). Tal alimento ocupa a terceira posição entre os produtos consumidos no café da manhã (ROSALES-SOTO; POWERS; ALLDREDGE, 2012), tendo sido consumido por 94 milhões de americanos no ano de 2017. Já no Brasil, o consumo no ano de 2018 foi de aproximadamente 34 mil toneladas, movimentando cerca de 876 milhões de reais (ABIMAPI, 2019).

Devido ao amplo consumo global dos muffins e a tendência da busca por alimentos de conveniência, este produto pode ser considerado uma boa matriz para atender à crescente demanda por suplementação de nutrientes em alimentos do dia-dia, uma vez que possui sabor muito apreciado (ARANIBAR *et al.*, 2019; NATH *et al.*, 2018; SEVERINI *et al.*, 2020; STRUCK *et al.*, 2016).

1.1 Referências

AGRAHAR-MURUGKAR, D.; ZAIDI, A.; DWIVEDI, S. Development of gluten free eggless cake using gluten free composite flours made from sprouted and malted ingredients and its physical, nutritional, textural, rheological and sensory properties evaluation. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2621-2630, 2018.

ARANIBAR, C.; AGUIRRE, A.; BORNEO, R. Utilização de um subproduto da extração de óleo de chia como fonte potencial de agregação de valor em muffins de trigo. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 56, n. 9, p. 4189-4197, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES E BOLOS INDUSTRIALIZADOS – ABIMAPI. (2019). **Anuário ABIMAPI** Edição 3. São Paulo: ABIMAPI. Disponível e acesso em 23 de fevereiro de 2020: https://www.abimapi.com.br/anuario/01.html#your_book_name/1.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012.

GOSWAMI, D.; GUPTA, R. K.; MRIDULA, D.; SHARMA, M.; TYAGI, S. K. Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. **LWT-Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 374-380, 2015.

ICO, 2019. **Crop year production by country**. <http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>. (Acesso em 22 de fevereiro de 2020).

LIMA, F. A. D. *et al.* Café e saúde humana: um enfoque nas substâncias presentes na bebida relacionadas às doenças cardiovasculares. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 6, p. 1063-1073, 2010.

LÓPEZ-BARRERA, D. M. *et al.* Spent coffee grounds, an innovative source of colonic fermentable compounds, inhibit inflammatory mediators in vitro. **Food Chemistry**, 212, 282–290, 2016.

MARTINEZ-SAEZ, N. *et al.* Biscoitos sem adição de açúcar contendo estévia, fibra de café e fruto-oligossacarídeos modificam a atividade da α -glucosidase e a liberação de GLP-1 das células HuTu-80 e serotonina das células Caco-2 após digestão in vitro. **Nutrientes**, v. 9, n. 7, p. 694, 2017.

MENDES, L. C. **Estudos para determinação das melhores formulações de blends de café arábica (C. arábica) com café robusta (C. canephora Conilon) para uso no setor de cafés torrados e moídos espresso**. 2005. 196p. Tese (doutorado em Tecnologia de alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MUSSATTO, S. I. *et al.* Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 661, 2011.

NATH, P.; KALE, S. J.; KAUR, C.; CHAUHAN, O. P. Phytonutrient composition, antioxidant activity and acceptability of muffins incorporated with red capsicum pomace powder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 6, p. 2208-2219, 2018.

ORMOND, J.G.P.; DE PAULA, S. R. L.; FAVERET FILHO, P. S. C. **Café:(re) conquista dos mercados**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.10, 56p. 1999.

ROSALES-SOTO, M.U.; POWERS, J. R. ; ALLDREDGE, J. R.. Effect of mixing time, freeze-drying and baking on phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity of raspberry juice during processing of muffins. **Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura**, v. 92, n. 7, p. 1511-1518, 2012.

SEVERINI, C. *et al.* Reuse of spent espresso coffee as sustainable source of fibre and antioxidants. A map on functional, microstructure and sensory effects of novel enriched muffins. **LWT – Food Science and Technology**, v. 119, 108877, 2020.

STRUCK, S. *et al.* Fiber enriched reduced sugar muffins made from iso-viscous batters. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 32-38, 2016.

WORLD BANK GROUP. **Commodity Markets Outlook**: April. Washington: EUA: World Bank Report, 2020. v.1 p.100.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as propriedades antioxidantes e antifúngicas in vitro dos óleos de café cru e torrado e desenvolver um bolo tipo muffin adicionado de compostos de café e avaliá-lo quanto às propriedades físico-químicas, tecnológicas e nutricionais.

2.2 Objetivo específico

- Isolar fungos do bolo tipo muffin e identificar o gênero;
- Avaliar a atividade antifúngica de óleos de café cru e torrado in vitro naqueles fungos isolados;
- Avaliar a capacidade antioxidante de óleos de café cru e torrado;
- Elaborar os 18 ensaios dos bolos definidos por delineamento composto central rotacional (DCCR);
- Avaliar o desempenho do café torrado moído, do extrato de café e do óleo de café torrado como variáveis independentes sobre o pH e a gravidade específica na massa do bolo e o volume específico, a textura instrumental, a umidade, a cor instrumental e a atividade de água no bolo;
- Avaliar os resultados obtidos através de metodologia de superfície de resposta;
- Otimizar a formulação do bolo tipo muffin e validar os modelos matemáticos;
- Realizar análises físicas e nutricionais nas formulações otimizadas e padrão.

3 CAPÍTULO I – PROPRIEDADES DO CAFÉ E POTENCIALIDADES PARA APLICAÇÃO EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Sandra Júnia Monteiro Silva e Marcio Schmiele*

Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Autor para correspondência: Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Rodovia MGT-367 - Km 583, nº 5000 - Alto do Jacuba, Fone: 55 (38) 3532-1200 - VoIP 8447 - Sala 349, CEP: 39.100-000 – Diamantina, Minas Gerais, Brasil, e-mail: marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

RESUMO

O café possui sabor e aroma característico com grande aceitação em diversas partes do mundo. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de apresentar uma revisão sistemática dos dados do café dos últimos anos, abordando a importância econômica, a composição química, as propriedades bioativas e o uso de tais compostos na indústria de panificação, principalmente em bolos. Além disso, descrevemos a importância tecnológica dos ingredientes do bolo sobre a massa e o produto acabado. Os dados mostraram que a produção mundial de café foi de aproximadamente 10,25 milhões de toneladas em 2019, com a maior parte dessa produção representada pelo Brasil com 3,78 milhões de toneladas, além de se destacar no consumo de café com quantitativo de 1,23 milhão de toneladas na safra 2015/2016. Os óleos de café cru e torrado possuem composição química majoritária de triacilgliceróis e entre as propriedades bioativas estão as capacidades antioxidantes e antimicrobiana, principalmente pela presença de ácidos clorogênico, melanoidinas e diterpenos. Em relação aos ingredientes do bolo, foi verificado que cada um possui alguma função tecnológica interferindo na qualidade da massa e do produto, bem como a importância do processamento, uma vez que a mistura e batimento deve favorecer a incorporação de ar na massa e mínima formação da rede de glúten. Desta forma, a massa do bolo é um sistema coloidal complexo formado por carboidratos, proteínas, lipídeos e água. Além disso, a adição de novos ingredientes à massa do bolo, como derivados de café, pode acarretar enriquecimento nutricional, mudança na textura e na microestrutura do produto final.

Palavras-chaves: Compostos bioativos. Antimicrobiano. Antioxidante. Panificação. Muffin.

ABSTRACT

Coffee has a characteristic flavor and aroma with great acceptance in different parts of the world. Thus, the present work had the objective of presenting a systematic review of the coffee data of the last years, addressing the economic importance, the chemical composition, the bioactive properties and the use of such compounds in the bakery industry, mainly in cakes. In addition, we describe the technological importance of cake ingredients over the dough and the finished product. The data showed that world coffee production was approximately 10.25 million tons in 2019, with most of that production represented by Brazil with 3.78 million tons, in addition to standing out in coffee consumption with a quantity of 1 , 23 million tons in the 2015/2016 harvest. The oils of raw and roasted coffee have a majority chemical composition of triacylglycerols and among the bioactive properties are the antioxidant and antimicrobial capacities, mainly due to the presence of chlorogenic acids, melanoidins and diterpenes. Regarding the cake ingredients, it was found that each one has some technological function interfering with the quality of the dough and the product, as well as the importance of processing, since mixing and beating should favor the incorporation of air into the dough and minimal formation of the gluten network. In this way, the cake dough is a complex colloidal system formed by carbohydrates, proteins, lipids and water. In addition, the addition of new ingredients to the cake dough, such as coffee derivatives, can lead to nutritional enrichment, change in the texture and microstructure of the final product.

Keywords: Bioactive compounds. Antimicrobial. Antioxidant. Bread making. Muffin.

3.1 Introdução

O uso do café vai além do consumo como bebida quente ou fria. Atualmente, a indústria de alimentos vem utilizando o café e os derivados do mesmo para agregar valor comercial aos produtos, seja pelo sabor único, pelas propriedades sensoriais conferidas aos alimentos englobando a sensorialidade, o prazer e o bem-estar, pelas propriedades nutricionais e/ou pelos benefícios fisiológicos. Além das indústrias de alimentos, a indústria não alimentícia utiliza o café em drogas, cosméticos e perfumaria. Esta revisão visou coletar dados técnicos e econômicos sobre o café e produtos alimentícios derivados de café, principalmente os de panificação. Os artigos selecionados foram os que testam e descrevem os óleos de café, assim como o poder antimicrobiano e antioxidante, em comparação aos extratos de outras plantas. Também foram detalhados cada um dos ingredientes da massa de bolo, descrevendo a função sobre as propriedades do preparado.

As bases de dados científicas utilizadas na busca dos artigos foram ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>), Scopus (<http://www.scopus.com>), Scielo – Scientific Electronic Library Online (<https://www.scielo.org/>), PubMed (MEDLINE) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) e Portal de Periódicos CAPES/MEC (<http://www.periodicos.capes.gov.br>). Os artigos selecionados incluíram pesquisas científicas atemporais, desde que possuam conteúdo que remetam a compostos bioativos dos derivados de café e propriedades tecnológicas dos ingredientes e processamentos do bolo.

3.2 Importância econômica e consumo de café

Em termos comerciais de valor agregado, o café é uma das commodities mais importantes do mundo, ocupando o segundo lugar, antecedido somente pelo petróleo bruto (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; INVESTORGUIDE, 2020). A maioria das bebidas de café consumida mundialmente é produzida a partir das espécies *Coffea arabica* (arábica) e *Coffea canephora* (robusta ou conilon). Além destas, tem-se o *Coffea liberica* de qualidade inferior, com consumo voltado somente para a região de origem. O café arábica é considerado de qualidade superior devido às propriedades sensoriais, atingindo maior preço no mercado internacional (KEIDEL, 2010; WAGEMAKER, 2009). A cotação atual de café, considerando uma saca de 60 kg é de R\$ 560,00 – 580,00 para o café arábica e de R\$ 370,00 – 380,00 para o café robusta (CEPEA, 2020).

Segundo a Organização Internacional do Café - *International Coffee Organization* (ICO), a produção mundial de café foi de aproximadamente 10,25 milhões de toneladas em 2019, sendo o Brasil o principal produtor com produção de 3,78 milhões de toneladas, seguido do Vietnã (1,87 milhão de toneladas), Colômbia (0,83 milhão de toneladas) e Indonésia (0,56 milhão de toneladas) (ICO, 2019a). Em relação a exportação, o Brasil ocupa a primeira posição com 2,12 milhões de toneladas, seguido dos mesmos países que ocupam as posições seguintes no ranking de produção (ICO, 2019b).

Referente ao consumo mundial de café, o Brasil é o único país produtor com um consumo significativo, com quantitativo de 1,23 milhão de toneladas na safra 2015/2016. O principal país consumidor individual é os Estados Unidos, com 1,59 milhão de toneladas na safra de 2018. Outros grandes consumidores são a União Europeia (2,68 milhões de toneladas), com destaque para a Alemanha, que é o maior consumidor deste grupo, e o Japão (0,47 milhão de toneladas) para o mesmo ano da safra 2018 (ICO, 2019c).

A ICO (2019a) informou que a produção anual de café aumentou de 8,55 milhões de toneladas para 10,26 milhões de toneladas na última década (entre 2010 e 2019), representando um crescimento de 20 % na produção mundial em um período de 10 anos.

Além deste aumento na produção de grãos in natura, observa-se no mercado a entrada de diversos produtos derivados de café, como *drip coffee*, café-creme, em sachê ou lata, café com leite pronto, balas, bebidas alcoólicas e não alcoólicas, além de produtos não alimentícios como os cosméticos (ORMOND *et al.* 1999).

A utilização de café em subprodutos geralmente se dá por meio da utilização do extrato e da borra de café após o processo de extração e por meio da utilização de óleo de café verde ou torrado.

3.3 Importância econômica, consumo, ingredientes e fornecimento do bolo

Os bolos são produtos muito populares em todo o mundo, especialmente os muffins. Este alimento ocupa a terceira posição dentre aqueles consumidos no café da manhã (ROSALES-SOTO *et al.*, 2012) com 94,02 milhões de consumidores americanos em 2017. No Brasil, o consumo no ano de 2018 foi de aproximadamente 34 mil toneladas, movimentando cerca de 876 milhões de reais. Estes números ainda são baixos se comparados ao consumo de pães industrializados, sendo o per capita de pães de 1,92 kg ao ano, enquanto o consumo de bolos é de apenas 0,16 kg ao ano por pessoa (ABIMAPI, 2019).

Como outros produtos de panificação, a preferência por muffins se dá devido ao tamanho compacto, textura macia, aerada e suculenta e propriedades sensoriais, além da praticidade para se consumir em diversos ambientes (ROSALES-SOTO *et al.*, 2012).

O estudo de Mota e colaboradores (2011) evidencia a importância da densidade e aeração da massa na aceitação de bolos por parte dos consumidores. A gravidade específica constitui a medida de incorporação e retenção de ar na massa do bolo. Menores gravidades específicas indicam maior incorporação de ar. Além da textura proporcionada pela variação da aeração, a aceitação e a qualidade de bolos costuma ser avaliada por meio de parâmetros associados à aparência, ao aroma e ao sabor (MAURICIO *et al.*, 2012).

Para a produção de um bolo de qualidade é importante que todas as etapas sejam feitas corretamente. Durante a etapa de mistura e batimento deve haver uma dispersão homogênea dos ingredientes, com a máxima incorporação de ar, e o mínimo desenvolvimento da rede de glúten (BENNION; BAMFORD; BENNIN, 2013; HUI *et al.*, 2014).

Na etapa do forneamento, ocorre o crescimento da massa devido ao aumento da temperatura que eleva a pressão de vapor de água e a taxa de formação de dióxido de carbono. A estrutura do bolo é fixada com a gelatinização do amido e a coagulação das proteínas, que também ocorrem a altas temperaturas (KOCER *et al.*, 2007). Inicialmente, nas camadas externas, os agentes de crescimento liberam dióxido de carbono dilatando as células de ar. Com a continuação do aquecimento, este fenômeno estende-se por toda a massa. Há aumento regular e progressivo em relação ao volume, o que representa o assim chamado — *oven rise* (crescimento no forno) (CAUVAIN, 2015). Ao final dessa etapa, forma-se uma crosta fina de coloração castanho-dourada em função da caramelização dos açúcares e da reação de *Maillard* (HUG-ITEN; ESCHER; CONDE-PETIT, 2001). Os ingredientes de um bolo atuam de forma individual e na mistura, alterando as características desejáveis em um produto de qualidade (CONFORTI, 2014). Desta forma, apresenta-se a seguir uma descrição dos principais e mais comuns ingredientes do bolo, assim como a funcionalidade para preparação desta massa.

A farinha é responsável principalmente pela função estrutural na maioria dos bolos devido aos componentes macromoleculares: proteína e amido. No entanto, emprega-se uma farinha mais fraca ou com menor teor de proteína que no pão e o amido passa a exercer maior influência sobre essa estrutura que ocorre na etapa de forneamento por meio da gelatinização (DELEU *et al.*, 2016; GODEFROIDT *et al.*, 2019; SAHIN, 2008; WILDERJANS *et al.*, 2013). As massas de bolo são compostas por um sistema bifásico: gorduras e outros ingredientes da formulação. A fase gordurosa possui estrutura dispersa de

forma irregular com partículas de forma de tamanho e formato diversos. No interior das partículas de gordura são encontradas várias bolhas de ar incorporadas durante o processo de mistura e batimento (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR; LANNES, 2006). Para que o bolo contenha grande volume específico, alvéolos pequenos e estrutura fina, é importante que durante a etapa do batimento sejam incorporados vários núcleos de ar com pequenos raios. Caso os núcleos sejam poucos e grandes, resultará em um produto com volume inferior, de alvéolos abertos e grosseiros (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002).

Para que seja formada uma massa estável é importante ressaltar a necessidade de formação de muitas células de ar pequenas, de tamanho uniforme. Se existirem bolhas grandes e uma distribuição não uniforme, existe uma tendência de as bolhas de ar menores juntarem-se às maiores, formando bolhas maiores ainda (a este fenômeno dá-se o nome de coalescência). Tais bolhas tendem a subir para a superfície, desvanecendo-se, causando perda de gás e, conseqüentemente, bolos de menor volume. As massas devem ser colocadas no forno com o menor tempo possível de preparo, favorecendo também na diminuição da perda de gás (DELCOUR; HOSENEY, 2010). Além disso, a estabilidade da emulsão permite boa expansão do vapor d'água e do gás carbônico liberado, resultando no crescimento da massa (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR; LANNES, 2006).

Outro papel dos lipídeos nos alimentos é transmitir atributos básicos associados ao sabor e à textura, como cremosidade, reter compostos de baixa massa molecular responsáveis pelo aroma, fornecer sensação úmida na boca, promover o encurtamento da rede de glúten, proporcionar a coesão, aumentar o tempo de prateleira dos produtos de panificação, principalmente àqueles sujeitos ao congelamento (MARANGONI *et al.*, 2014). Dentre as gorduras mais utilizadas na indústria de panificação, tem-se os cremes vegetais ou o shortening. O termo “shortening” é referente à capacidade de uma gordura modificada em lubrificar, enfraquecer ou encurtar a estrutura dos componentes dos alimentos funcionando de um modo característico para fornecer propriedade de textura desejável a um produto (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002). São obtidos a partir da hidrogenação parcial ou da interesterificação dos óleos vegetais, resultando em produtos com ampla faixa de ponto de fusão para serem utilizados em produtos de panificação (ADHIKARI *et al.*, 2010).

Os bolos com melhores funcionalidades físicas são produzidos a partir do uso de shortenings super glicerinados, pois contém mono- e diglicerídeos como emulsificante. Tais emulsificantes são os mais usados na indústria de alimentos, representando mais da metade do uso deste aditivo. Os monoglicerídeos saturados são mais utilizados para produção de bolos, pois formam um complexo com a fração de amilose do amido, fornecendo bolos de miolo

leve e vida de prateleira prolongada (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002; O'BRIEN, 2008), além de reduzirem a digestibilidade do amido (CLERICI; SAMPAIO; SCHMIELE, 2019).

O ovo é constituído de clara, uma solução aquosa de proteínas, e gema, uma emulsão de lipídeos, proteínas e água. Quando adicionados a massa do bolo, os ovos podem funcionar como agentes surfactantes, destacando-se a capacidade de aeração e formação de espuma e a emulsificação, favorecendo o desenvolvimento das características reológicas da massa e sensoriais do produto. Além disso, favorece o desenvolvimento da estrutura do produto, estabilidade física, envolvimento na complexação do amido, fortalecimento das proteínas, formação e estabilização das bolhas de ar (ALLAIS; EDOURA-GAENA; DUFOUR, 2006; CONFORTI, 2014).

Além de fornecer o sabor adocicado dos bolos, os açúcares e os adoçantes afetam diretamente a aparência, o sabor, a cor, a estrutura e a textura dos produtos acabados (ZHOU; THERDTHAI; HUI, 2014). O açúcar possui função importante de aumentar o volume do bolo, pois facilita a incorporação do ar na gordura durante a bateção na fase creme. No forneamento, aumenta a temperatura de gelatinização e coagulação, favorecendo o crescimento da massa por permitir que as bolhas de ar se expandam adequadamente antes do aumento da viscosidade da massa e fixação da estrutura do bolo, favorecendo o aumento do volume do produto cozido e contribuindo para uma textura mais fina e uniforme. O efeito da sacarose sobre a gelatinização do amido não está completamente elucidado, mas as causas mais prováveis são redução da água livre no sistema em função do aumento da interação sacarose-água através das ligações de hidrogênio, propriedades de antiplasticização dos açúcares em relação à água e estabilização da estrutura granular devido às interações amido-sacarose (CONFORTI, 2014; WILDERJANS *et al.*, 2013).

Além disso, a natureza hidrofóbica do açúcar aumenta a umidade dos bolos. O ingrediente compete com amido pela água disponível necessária para a hidratação de proteínas e amido e, eventualmente, diminui o desenvolvimento do glúten, favorecendo a maciez do bolo. Finalmente, o açúcar ajuda a dourar a crosta por escurecimento não enzimático através da caramelização e da reação de *Maillard*. A caramelização é um processo no qual somente o açúcar está envolvido em uma série de reações provocadas pelas temperaturas de cozimento. A reação de *Maillard* envolve dois componentes, proteínas e açúcares redutores. A farinha, o ovo e o leite, contendo proteínas e carboidratos, e o açúcar, contribuem para uma reação química que produz uma crosta de coloração escura (CONFORTI, 2014).

A utilização de adoçantes em detrimento à sacarose impacta negativamente no sabor, na cor e na textura do produto, apresentando assim um grande desafio para satisfazer o aumento na demanda recente por alimentos mais saudáveis (ZHOU; THERDTHAI; HUI, 2014). Além disso, alguns adoçantes são instáveis ao aquecimento, podendo formar compostos sensoriais não atraentes ou até mesmo tóxicos ao consumo humano.

Dentre os outros componentes, em menor quantidade, estão a água, o fermento e os emulsificantes. Os especialistas na arte de panificação e confeitaria entendem que a água desempenha um papel importante em qualquer bolo, uma vez que influencia na textura, no aspecto visual e no sabor. Mesmo os alimentos mais secos devem possuir uma certa quantidade de água pois influencia no processo de cozimento, solução e hidratação dos ingredientes, além da contribuição com a ação do fermento e na conservação do produto. Os fermentos químicos são importantes devido a capacidade de produção de gás, refletindo no aumento do volume e na obtenção de estrutura porosa do produto. Os emulsificantes têm sido utilizados com sucesso na indústria de panificação, pois são agentes capazes de formar uma emulsão com dois líquidos que são normalmente imiscíveis (hidrofílico e lipofílico), incrementando a qualidade das massas por meio do aumento da melhoria na maquinabilidade da massa, da capacidade de hidratação, da tolerância ao tempo de repouso, do choque mecânico, da fermentação, da retenção de gás e do volume do bolo (ZHOU; THERDTHAI; HUI, 2014).

Entre os principais conservantes químicos utilizados na indústria de panificação estão os propionatos de cálcio e sódio que são comumente utilizados, devido à característica de maior solubilidade e livre de odor. Tais compostos possuem maior eficácia antimicrobiana do que antibacteriana. Para produtos que são fermentados quimicamente, o propionato de sódio é mais recomendável por fazer interferência mínima a ação dos agentes químicos de crescimento, uma vez que os íons de cálcio podem interferir na ação da fermentação (CONFORTI, 2014; TUNGKIJANANSIN *et al.*, 2020).

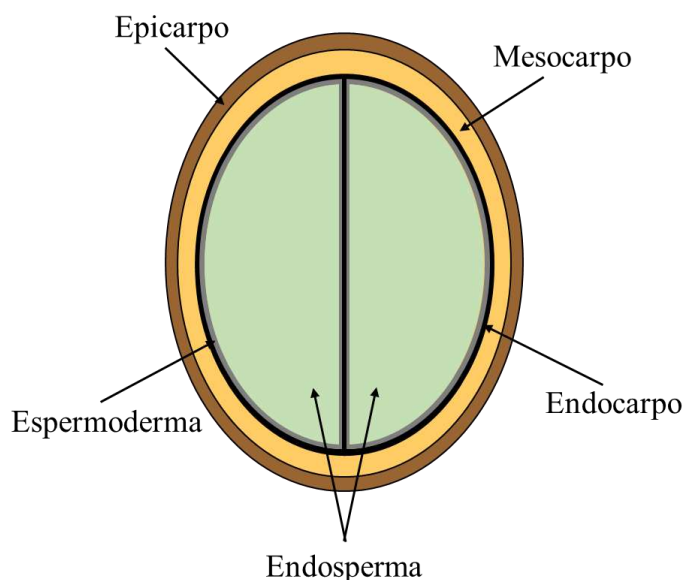
Apesar dos conservantes orgânicos e seus sais serem amplamente utilizados em produtos de panificação, muitos possuem efeitos tóxicos no corpo humano, ocorrendo restrição do uso desses compostos. Com a crescente demanda por produtos naturais e seguros sem conservantes químicos, houve um aumento de investigações por autoridades e pesquisadores de alimentos para avaliar a viabilidade do uso de técnicas de preservação e melhorar a qualidade e segurança dos produtos, mantendo simultaneamente as boas propriedades nutricionais e sensoriais. Atualmente, os conservantes biológicos naturais são

extraídos principalmente de especiarias comestíveis e os óleos essenciais dessas especiarias foram apontados como conservantes eficazes (JU *et al.*, 2018).

3.4 Processamento e composição química do café

A Figura 3.1 representa o fruto de café que é constituído pelo epicarpo (casca), o qual durante o amadurecimento passa de verde para vermelha, sendo formado principalmente por material lignocelulítico. Mesocarpo ou mucilagem, camada com espessura entre 0,5 a 2 mm, representado por um sistema coloidal líquido e hidrogel, constituído quimicamente por água, açúcares e ácidos orgânicos. Endocarpo (pergaminho), o qual consiste numa membrana cartilaginosa que recobre a semente do grão do café, sendo composto principalmente por material celulítico. Espermoderma (película prateada), rodeia o endosperma, eliminado durante a torrefação. Endosperma, que é o grão de café, com dimensões que variam de 7 a 10 mm no comprimento, 6 a 8 mm na largura e massa de 0,1 a 0,2 g (MUSSATTO *et al.*, 2011).

Figura 3.1 - Representação do corte longitudinal do fruto do café



Fonte: Elaboração própria

Para o processamento de café os métodos mais utilizados são via seca e via úmida. No Brasil, o processo mais utilizado é a via seca, que consiste em espalhar uniformemente em um terreiro de terra ou concreto limpo, os frutos frescos colhidos são dispostos em uma camada com espessura de 8 cm, no qual são fermentados e secos com

revolvimento constante e intermitente. Com condições climáticas favoráveis, o tempo para finalizar esse processo com êxito é em torno de 12 a 15 dias. Obtem-se um produto natural e gera-se como subproduto a casca (DIAS et al., 2014; MURTHY; NAIDU, 2012).

Na via úmida, os processos de descasacamento, despulpamento e desmucilamento do café colhido são realizados mecanicamente. Após essas etapas, o café é transferido para tanques de fermentação e a camada de mucilagem que fica aderida ao grão é digerida. A duração dessa etapa é em torno de 24 a 72 horas na temperatura de 30 a 35 °C. Posteriormente, seca-se os grãos até 11-12 % de umidade. É obtido o café descascado, despulpado e desmucilado, gerando como subproduto a polpa do café (DIAS *et al.*, 2014; MURTHY; NAIDU, 2012).

A composição química do café é dependente da espécie e da variedade em questão, bem como das práticas agrícolas, grau de maturação do fruto e condições de estocagem (TOCI; FARAH; TRUGO, 2006). Entre as substâncias presentes na composição química do café, apenas a cafeína é termoestável. Outras substâncias como proteínas, aminoácidos livres, açúcares, vitaminas, ácido clorogênico, trigonelina e lipídeos podem ser preservadas ou mesmo destruídas e ainda, transformadas em produtos reativos durante o processo de torrefação do café, como as melanoidinas e a niacina (CLARKE; MACRAE, 2003; MONTEIRO; TRUGO, 2005; MUSSATTO *et al.*, 2011). Na Tabela 3.1 está exposta a composição química média em base seca dos grãos crus e torrados de café arábica.

Tabela 3.1 - Informações sobre a composição química dos grãos de café cru e torrado da espécie *Coffea arabica* L., em porcentagem

Componente	Cru	Torrado
Minerais	3,0 a 4,2	3,5 a 4,5
Caféina	0,9 a 1,2	1,0
Trigonelina	1,0 a 1,2	0,5 a 1,0
Lipídeos	12,0 a 18,0	14,5 a 20,0
Ácidos clorogênicos totais	5,5 a 8,0	1,2 a 2,3
Ácidos alifáticos	1,5-2,0	1,0-1,5
Oligossacarídeos	6,0 a 8,0	0 a 3,5
Polissacarídeos	50,0 a 55,0	24,0 a 39,0
Aminoácidos livres	2,0	Nd
Proteínas	11,0 a 13	13,0 a 15,0

Fonte: Adaptado de CLARKE; MACRAE, 2003. Nd – não detectado.

3.5 Óleo de café

Os óleos de café são obtidos convencionalmente por prensagem a frio dos grãos, ou por extração a quente utilizando solventes orgânicos como hexano ou éter de petróleo. Mas, a extração dos óleos utilizando novas técnicas, como a extração supercrítica e com etanol tem sido explorada, visando aumentar o rendimento do processo e compostos de interesse (FREITAS; LAGO, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2001; WAGEMAKER, 2013).

O teor de óleo no café varia de 7 a 17 %. A fração lipídica do café é composta principalmente de triacilgliceróis, esteróis e tocoferóis, componentes típicos encontrados em todo óleo vegetal comestível comum. Além disso, contém diterpenos da família dos kaurenos, em proporção de até 20 % dos lipídeos totais. Os diterpenos são de interesse por causa de seus efeitos fisiológicos (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006).

O óleo obtido do grão do café cru possui propriedades emolientes e hidratantes, com uso em indústria de cosméticos, enquanto o óleo de café torrado é utilizado principalmente como flavorizante (WAGEMAKER, 2013). A fração lipídica dos grãos de café cru é constituída principalmente por triacilgliceróis (Tabela 3.2), tendo como ácidos graxos majoritários o linoleico e palmítico (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006).

Tabela 3.2 - Composição lipídica dos grãos de café cru

Composto	% matéria seca
Triacilgliceróis	75,2
Ésteres de álcoois diterpênicos e ácidos graxos	18,5
Álcoois diterpênicos	0,4
Ésteres de esteróis	3,2
Esteróis	2,2
Tocoferóis	0,04 a 0,06
Fosfatídeos	0,1 - 0,5
Derivados de triptamina	0,6 -1,0

Fonte: Adaptado MAIER (1981) apud SPEER; KÖLLING-SPEER (2006).

3.5.1 Óleo de café cru

Coffea arabica e *Coffea canephora* var. Robusta são consideradas as duas espécies de café mais consumidas e apresentam conteúdo de lipídeos entre 7 e 17 %. O teor de lipídios dos grãos de café arábica cru é de cerca de 15 %, enquanto nos cafés robusta é menor, em torno de 10 %. Os óleos de café são utilizados principalmente em aplicações cosméticas devido às propriedades emolientes associadas à presença de ácidos graxos, principalmente linoleico e palmítico, bem como evidências da capacidade de absorver radiação UVB, destacando-se neste aspecto o óleo obtido do café arábica, por oferecer maior fator de proteção solar entre as espécies de café cultivadas e comercializadas. As propriedades hidratantes, de rápida penetração e boa aderência, estão associadas ao elevado teor de fitoesteróis (ALVAREZ; RODRIGUEZ, 2000; BITENCOURT, *et al.*, 2018; KEIDEL, 2010).

O óleo de café arábica cru é composto principalmente por triacilgliceróis (75,2 %), ésteres de álcoois diterpênicos e ácidos graxos (18,5 %); ésteres de esteroides e ácidos graxos (3,2 %), esteróis livres (2,2 %), fosfatídios (0,1 – 0,5 %), diterpenos livres (0,4 %), cafeína (cerca de 0,3 %) e tocoferóis (0,04-0,06 %). O óleo de café apresenta teor de matéria insaponificável relativamente alta (9,0 a 14,4 %) em relação aos outros óleos vegetais que possuem valores médios em cerca de 1 %. Os principais ácidos graxos que compõem os triacilgliceróis são o ácido linoleico (43,1 %), ácido palmítico (31,1 %), ácido oleico (9,6 %), ácido esteárico (9,0 %), ácido araquidônico (3,0 %), ácido linolênico (1,8 %) e ácido beênico (0,7 %) (SANTIAGO, 2015; WAGEMAKER *et al.*, 2012).

Além de propriedades favoráveis do óleo de café cru para o uso em cosméticos, o produto é um potente antioxidante devido à presença de ácidos clorogênicos e tocoferóis

(BITENCOURT *et al.*, 2018). Os ácidos clorogênicos são uma família de ésteres formados entre certos ácidos fenólicos (ácidos trans-cinâmicos) e ácido quínico. Os principais subgrupos encontrados nos grãos de café cru são os ácidos cafeoilquínicos, os ácidos dicafeoilquínicos e os ácidos ferruloilquínicos, sendo que cada grupo possui pelo menos três isômeros. Semelhante a outros compostos fenólicos, esses ácidos são geralmente considerados como produtos vegetais secundários presentes para proteger contra o estresse ambiental. Há crescentes evidências científicas para apoiar seus benefícios à saúde humana. Estudos indicam que estes compostos atuam como agentes de proteção, inibindo ou reduzindo o estresse oxidativo de estruturas e funções celulares e promovendo a saúde (CRAIG *et al.*, 2016).

Os ácidos clorogênicos (CGA) presentes nos óleos de café cru são constituídos pelos ésteres formadores de ácidos hidroxicinâmicos e ácido quínico (estão presentes em até 14 %). Tais compostos possuem elevada influência na determinação da qualidade e no sabor do café. Além disso, estes compostos possuem várias propriedades benéficas para a saúde, amplamente explicado pela potente capacidade antioxidante. Desta forma, são capazes de gerar efeitos biológicos, tais como: antiglicante, anticarcinogênico, antihipertensivo, antibiótico, hipoglicêmico, antivirais, atividades hepatoprotetoras, anti-inflamatórias, antialérgico e antiespasmódicas (PAULA *et al.*, 2015; FARAH; DONANGELO, 2006).

3.5.2 Óleo de café torrado

O processo de torrefação aplicado aos grãos de café cru, forma o aroma agradável, desenvolve a maioria dos compostos responsáveis pelo sabor e aroma e a coloração característica do grau da torra. As principais reações que ocorrem durante a torrefação são: reação de *Maillard* entre os açúcares redutores e os grupos amina, polimerização oxidativa dos lipídeos e a degradação de compostos fenólicos. A coloração marrom do café torrado está associada à formação de melanoidinas e compostos de polímeros fenólicos, os quais podem contribuir para a atividade antioxidante e quelante, nos grãos torrados (BITENCOURT *et al.*, 2018; GETACHEW, 2018).

Após a torrefação o teor de lipídeos aumenta, principalmente devido à destruição de carboidratos durante o processamento térmico. Entre os principais constituintes do óleo de café arábica torrado, tem-se os triacilgliceróis e outros ésteres (84,21%), os diacilgliceróis e álcoois diterpênicos (14,15 %), ácidos graxos livres (0,72%), esteróis (0,06%) e não identificados (0,86%) (LAGO, 2001). Os principais ácidos graxos identificados no óleo de café torrado foram palmíticos (46,1%), linoleico (32,9%), oleico (8,0%), esteárico (6,6%) e

araquídico (1,9%) (HURTADO-BENAVIDES; DORADO; DEL PILAR SÁNCHEZ-CAMARGO, 2006).

Dentre os principais compostos encontrados no aroma do óleo do café torrado estão: aldeídos, cetonas, furanos, piridinas, pirazinas, fenólicos, pirróis, indóis, lactonas e ésteres (JORGE, 2009). Os compostos voláteis do óleo de café pertencem principalmente à família de furanos e pirazinas, que mantêm as características particulares do café torrado. Dessa forma, o óleo de café torrado se torna atraente para ser usado na indústria de alimentos e/ou cosméticos (HURTADO-BENAVIDES; DORADO; DEL PILAR SÁNCHEZ-CAMARGO, 2006).

O óleo do café torrado geralmente é utilizado na indústria alimentícia em formulações de balas, doces, biscoitos, bombons, sorvetes, pudins e produtos à base de leite, devido ao sabor característico, aroma pronunciado e agradável. Na indústria de café solúvel, o óleo de café torrado é utilizado com objetivo de realçar o sabor e o aroma e, principalmente, para evitar a fragmentação de grânulos de café solúvel (VOYTENA, 2017; WAGEMAKER, 2009).

3.6 Efeito antimicrobiano de extratos vegetais

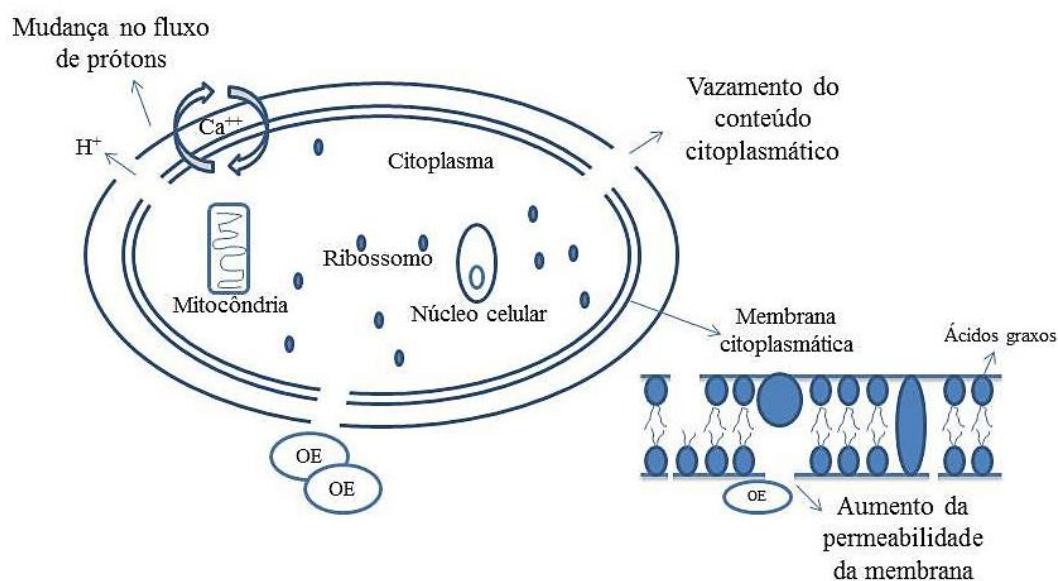
Pereira e colaboradores (2006) testaram o efeito de óleos essenciais de condimentos como manjeriço, alecrim, menta, cebola e orégano sobre fungos do gênero *Aspergillus* e *Fusarium* sp. Os resultados indicaram que os óleos essenciais de todos os condimentos apresentaram algum grau de inibição nos fungos a partir de certa dose, sendo o óleo essencial de orégano, àquele que apresentou melhor performance.

Souza *et al.* (2004) avaliaram o efeito *in vitro* de óleos essenciais do alho, canela, cravo-da-índia e tomilho sobre o desenvolvimento micelial dos fungos *Rhizopus* sp., *Penicillium* spp., *Eurotium repens* e *Aspergillus niger* associados aos produtos de panificação. Todos os óleos essenciais testados inibiram temporariamente o desenvolvimento dos fungos testados.

Os óleos essenciais de 16 plantas (limão, anis, tangerina, toranja, canela, capim-limão, alecrim, tomilho, manjeriço, erva-doce, menta, gengibre, louro, cravo, sálvia e laranja) foram testados quanto ao efeito inibitório em espécies de fungos dos gêneros *Eurotium*, *Aspergillus* e *Penicillium*. Na segunda fase do estudo foi realizada a análise cromatográfica para determinação dos componentes dos extratos com maior ação antifúngica dos condimentos: canela, cravo, louro, tomilho e capim-limão. Embora muitos estudos

tenham sido realizados para avaliar a ação antifúngica de extratos vegetais, ainda não se sabe como estes agem, se seria agindo no metabolismo, reagindo com os sítios ativos das enzimas ou como transportador do íon hidrogênio (H^+) (SOUZA *et al.*, 2004). Como descrito na Figura 3.2 por possuírem natureza hidrofóbica, os óleos essenciais conseguem interagir com os lipídeos da membrana celular, dessa forma afetam as estruturas das distintas camadas dos ácidos graxos e fosfolipídeos, tornando-a permeável e causando o vazamento do conteúdo celular. Nas células eucarióticas, os óleos essenciais podem causar despolarização das membranas mitocondriais, minimizando o potencial de membrana e afetando o ciclo iônico de Ca^{++} . Assim poderá acarretar mudança no fluxo de prótons e alteração nos gradientes de íons, alterando o pH da célula, a composição química e os processos metabólicos, resultando na inativação ou em morte celular (SILVERA, 2019).

Figura 3.2 - Representação esquemática da ação dos óleos essenciais na permeabilidade da membrana celular e alteração no gradiente iônico da célula



Fonte: SILVEIRA, 2019. Legenda: OE-óleo essencial.

3.7 Capacidade antioxidante dos óleos de café

O óleo de café, assim como os demais óleos vegetais, é composto por ácidos graxos poli-insaturados e outros compostos bioativos, tais como tocoferóis, carotenoides, fitoesteróis e compostos fenólicos. A presença de tais compostos atribui aos óleos, propriedade antioxidante, antibacteriana e antiviral, tornando-o alvo de estudos no tratamento

e prevenção de algumas doenças, utilização em cosméticos, entre outros (COSTA; JORGE, 2011).

Os compostos fenólicos são conhecidos por sua propriedade antioxidante. De acordo com Abrahão e colaboradores (2010), os ácidos clorogênicos constituem a principal fração fenólica presente no café cru, sendo estes os responsáveis pela alta capacidade antioxidante. Existe uma grande variedade de métodos utilizados para analisar a ação antioxidante *in vitro*, uma vez que os mesmos podem apresentar comportamentos diversificados em reação a diferentes estímulos de radicais ou fontes antioxidantes. Além disso, cada técnica apresenta um princípio diferente dependente da matriz de reação utilizada (ALVES, 2010). Entre esses métodos estão o método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), o método da captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) e fenólicos.

A técnica antioxidante de determinação do poder de redução do ferro, FRAP, consiste na redução do íon Fe^{3+} presente no complexo Fe^{3+} -TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina), por um antioxidante em condições ácidas, formando Fe^{2+} . Essa redução provoca uma modificação na coloração da mistura de reação, transformando-a de um roxo claro a uma intensa cor púrpura com absorção de 593 nm. O potencial antioxidante é proporcional a intensidade de coloração (VICTORIA *et al.*, 2016).

O método do DPPH baseia-se na medida da capacidade de uma substância em captar o radical DPPH. Uma molécula de DPPH é um radical livre estável devido ao deslocamento do elétron desemparelhado, o que confere a esta molécula uma pigmentação violeta de absorvância de aproximadamente 520 nm, em etanol. Quando essa molécula é reduzida por antioxidantes doadores de hidrogênio, forma-se uma substância chamada hidrazina de coloração amarelo claro. A concentração do antioxidante utilizado assim como o tempo de reação interfere na intensidade do sinal do radical DPPH, sendo inversamente proporcionais (ALVES, 2010).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos desenvolve-se a partir da doação de um átomo de hidrogênio para os radicais, formando compostos inativos que bloqueiam a reação de propagação da cadeia, enquanto o radical do antioxidante é estabilizado por ressonância. Alguns fatores influenciam diretamente na atividade antioxidante, como a polaridade, posição e número de hidroxilas, solubilidade, potencial de redução, entre outros (DAMODARAN; PARKIN, 2017).

3.8 Utilização de café em produtos de panificação

Existem estudos recentes que utilizam café e/ou subprodutos do café como ingredientes na massa de produtos de panificação, como bolo (ATEŞ; ELMACI, 2019; SEVERINI *et al.*, 2020), pão (VASUDEVAIAH *et al.*, 2017) e biscoitos (MARTINEZ-SAEZ *et al.*, 2017). A adição do composto como ingrediente pode causar mudanças na textura, microestrutura, quantidade de antioxidantes, características sensoriais, teor de fibras alimentares, entre outros. O óleo de café torrado possui diterpenos em sua composição, sendo que foi encontrado na literatura que esse composto possui atividade antimicrobiana principalmente frente a bactérias gram-positivas (STEFANELLO *et al.*, 2006) e *Helicobacter pylori* (ARAUJO, 2014).

A quantidade relevante de polissacarídeos (principalmente fibras alimentares) e compostos fenólicos (CAMPOS-VEGA *et al.*, 2015; SEVERINI *et al.*, 2020) possibilitam um leque para utilização do café no setor de alimentos como nova fonte de nutrientes e compostos bioativos (DEL CASTILLO *et al.*, 2018). Além de explorar funcionalidades físicas, tais como capacidade de ligação com a água, propriedades gelificantes, mudanças na microestrutura, entre outras.

3.9 Considerações finais

O café é um dos produtos mais importantes do comércio mundial e o Brasil é protagonista neste mercado, uma vez que é o maior produtor, exportador e um dos grandes consumidores. Recentemente têm se observado a entrada de diversos produtos derivados de café no mercado de alimentos industrializados e um dos produtos com maior potencial de incorporação de extratos de café é o bolo tipo muffin, que embora seja reconhecido por seu tamanho compacto, características sensoriais, textura macia, aerada e suculenta, ocupa a importante posição de terceiro lugar no consumo de produtos de panificação e, portanto, pode atingir a expansão de vendas e ocupar maior quota do mercado.

Além do sabor único que atrai muitos apreciadores, a incorporação de extratos vegetais de café pode promover uma ação antifúngica, o que aumentaria o tempo de prateleira dos produtos. Embora não se conheça a fundo se a eficácia da ação antifúngica se dá por alterações no metabolismo, reação a sítios ativos das enzimas ou transporte do íon hidrogênio, a grande quantidade de ácidos graxos presente nos extratos de café cru e torrado indica o potencial de utilização em bolos.

3.10 Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Instituto de Ciência e Tecnologia pelo suporte institucional e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior pelo suporte financeiro (código de financiamento 001) e pela bolsa de estudos de S. J. M. Silva (protocolo 23038.014292/2018-73).

3.11 Referências

ABRAHÃO, S. A. *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 414-420, 2010.

ADHIKARI, P. *et al.* Scaled-up production of zero-trans margarine fat using pine nut oil and palm stearin. **Food chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1332-1338, 2010.

ALLAIS, I.; EDOURA-GAENA, S.B.; DUFOUR, E. Characterization of lady-finger batters and biscuits by fluorescence spectroscopy: relation with density, color and texture. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 4, p. 896-909, 2006.

ALVAREZ, A. M. R.; RODRÍGUEZ, M. L. G. Lipids in pharmaceutical and cosmetic preparations. **Grasas y Aceites**. v. 51, p. 74-96, 2000.

ALVES, C. Q. *et al.* Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**. v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

ARAÚJO, G. M. **Avaliação da atividade anti-*Helicobacter pylori* e citotóxica in vitro de extratos orgânicos obtidos das folhas de *Encholirium spectabile* e *Syzygium cumini***. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES E BOLOS INDUSTRIALIZADOS – ABIMAPI. (2019). **Anuário ABIMAPI** Edição 3. São Paulo: ABIMAPI. Disponível e acesso em 23 de fevereiro de 2020: https://www.abimapi.com.br/anuario/01.html#your_book_name/1

ATEŞ, G.; ELMACI, Y. Physical, chemical and sensory characteristics of fiber-enriched cakes prepared with coffee silverskin as wheat flour substitution. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 13, n. 1, p. 755-763, 2019.

BENNION, E. B.; BAMFORD, G. S. T. **The technology of cake making**. 6. Ed. Springer, 2013.

BITENCOURT, R. G. *et al.* High pressure phase equilibrium of the crude green coffee oil–CO₂–ethanol system and the oil bioactive compounds. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 133, p. 49-57, 2018.

CAMPOS-VEGA, R. *et al.* Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 24-36, 2015.

CAUVAIN, S.P. **Technology of Breadmaking**. 3. Ed. Springer International Publishing, 2015.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. **Preços agropecuários: café**. Disponível em <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/cafe.aspx>>. Acesso em 12 ago. 2020.

CLARKE, R.J.; MACRAE, R. Green coffee, Roast and Ground. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L.C.; FINGLAS, P. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. Academic Press, v.3, p. 1486-1489, 2003.

CLERICI, M. T. P. S.; SAMPAIO, U. M.; SCHMIELE, M. Identification and analysis of starch. In: **Starches for food application**. Academic Press, p. 23-69, 2019.

CONFORTI, F. D. Cake manufacture. In: ZHOU W.; HUI, Y. **Bakery products: science and technology**, 2 ed. Nova Iorque: Wiley Blackwell, p. 565–584, 2014.

COSTA, T.; JORGE, N. Compostos bioativos benéficos presentes em castanhas e nozes. **UNOPAR Científica. Ciências, Biologia e Saúde**. v.13 n.3, p.195-203, 2011.

CRAIG, A. P. *et al.* Performance review of a fast HPLC-UV method for the quantification of chlorogenic acids in green coffee bean extracts. **Talanta**, v. 154, p. 481-485, 2016.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5.ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

DEL CASTILLO, M. D. *et al.* Coffee By-Products. In: FARAH, A. (Ed.). **Coffee: Chemistry, Quality and Health Implications**. Oxfordshire: Royal Society of Chemistry, cap. 12, p. 309 – 334, 2018.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 3. ed. Saint Paul: AACC International, 2010.

DELEU, L. J. *et al.* Protein network formation during pound cake making: The role of egg white proteins and wheat flour gliadins. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 409-414, 2016.

DIAS, D.R *et al.* Management and utilization of waster from coffe processing. In: SCHWAN, R. F.; FLEET, G.H. (org.). **Cocoa and coffee fermentations**. Boca Raton: CRC Tayor & Francis, 2014.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012.

ESTELLER, M. S.; ZANCANARO JÚNIOR, O.; LANNES, S. C. S. Bolo de "chocolate" produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 447-454, 2006.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 23-36, 2006.

FREIBERGER, E. B. **Nanocápsulas de poli(L-ácido láctico) contendo óleo de café torrado**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

FREITAS, S. P.; LAGO, R. C. A. Dados de equilíbrio para o processo de extração de óleos de café e girassol usando etanol. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 3, p. 220-224, jul./set. 2007.

GETACHEW, A. T. *et al.* Concurrent extraction of oil from roasted coffee (*Coffea arabica*) and fucoxanthin from brown seaweed (*Saccharina japonica*) using supercritical carbon dioxide. **Journal of CO₂ Utilization**, v. 25, p. 137-146, 2018.

GHOTRA, B.S.; DYAL, S.D.; NARINE, S.S. Lipid shortenings: a review. **Food Research International**, v. 35, n. 10, p. 1015 – 1048, 2002.

GODEFROIDT, T. *et al.* Ingredient functionality during foam-type cake making: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 5, p. 1550-1562, 2019.

HUG-ITEN, S.; ESCHER, F.; CONDE-PETIT, B. Structural properties of starch in bread and bread model systems: Influence of an antistaling α -amylase. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 4, p. 421 – 428, 2001.

HUI, Y. H. *et al.* 2. ed. **Bakery products: science and technology**. Wiley-Blackwell, 2014.

HURTADO-BENAVIDES, A.; DORADO, D.; DEL PILAR SÁNCHEZ-CAMARGO, A. Study of the fatty acid profile and the aroma composition of oil obtained from roasted Colombian coffee beans by supercritical fluid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 113, p. 44-52, 2016.

ICO - International Coffee Organization, 2019a. **Total production**. Disponível em <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2020.

ICO - International Coffee Organization, 2019b. **Exports**. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/m1-exports.pdf>>. Acesso em: 22 de fev. de 2020.

ICO - International Coffee Organization, 2019c. **Domestic consumption**. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>>. Acesso em: 22 de fev. 2020.

INVESTORGUIDE. What are the Most Commonly Traded Commodities? Disponível em: <<http://www.investorguide.com/article/11836/what-are-the-most-commonly-traded-commodities-igu/>>. Acesso em: 01 de set. 2020.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, v. 1, p. 165, 2009.

JU, J. *et al.* Efeitos inibitórios dos óleos essenciais de canela e cravo-da-índia no crescimento de fungos em alimentos assados. **Química de Alimentos**, v. 240, p. 850-855, 2018.

KEIDEL, A. *et al.* Discrimination of green arabica and robusta coffee beans by Raman spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 21, p. 11187-11192, 2010.

KOCER, D.; HICSASMAZ, Z.; BAYINDIRLI, A.; KATNAS, S. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar and fat-replacer. **Journal Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 953 – 964, 2007

LAGO, R. C. A. Lipídios em grãos de café. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 319-352, 2001.

MAIER, H. G. **Kaffee**. Paul Parey Verlag (ed), Berlin: Hamburg, 1981.

MARANGONI, A.; GOLDSTEIN, A.; SEETHARAMAN, K. Lipids: Properties and Functionality. In: ZHOU W.; HUI, Y. **Bakery products: science and technology**, 2 ed. Nova Iorque: Wiley Blackwell, p. 223–241, 2014.

MARTINEZ-SAEZ, N. *et al.* Biscuits with No Added Sugar Containing Stevia, Coffee Fibre and Fructooligosaccharides Modifies α -Glucosidase Activity and the Release of GLP-1 from HuTu-80 Cells and Serotonin from Caco-2 Cells after In Vitro Digestion. **Nutrientes**, v. 9, n. 7, p. 694, 2017.

MAURÍCIO, A. A. *et al.* Bolo de cenoura com e sem glúten: desenvolvimento da formulação e aceitação do produto. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 6, n. 3, p. 250-257, 2012.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química nova**, v. 28, n. 4, p. 637-641, 2005.

MOTA, M. C. *et al.* Bolo light, diet e com alto teor de fibras: elaboração do produto utilizando polidextrose e inulina. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v. 70, n. 3, p. 268-27, 2011.

MURTHY, P. S.; NAIDU, M. M. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition - A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 66, p. 45-58, 2012.

MUSSATTO, S. I. *et al.* Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 661-672, 2011.

O'BRIEN, R. D. Fats and oils formulation. In: O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3. Ed. Boca Raton: CRC Press, cap. 4, p. 263-345, 2008.

OLIVEIRA, A. L. *et al.* Sensory and yield response surface analysis of supercritical CO₂ extracted aromatic oil from roasted coffee. **Journal of Food Science and Technology**, v. 38, p. 38-42, jan. 2001.

ORMOND, J.G.P.; DE PAULA, S. R. L.; FAVERET FILHO, P. S. C. **Café:(re) conquista dos mercados**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.10, 56p. 1999.

PAULA, R. A. O. *et al.* Determinação da atividade antioxidante In vitro das bebidas de café e chás verde e preto. **Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences**, v. 36, n. 2, 2015.

PEREIRA, M. C. *et al.* Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 731-738, 2006.

ROSALES-SOTO, M.U.; POWERS, J. R. ; ALLDREDGE, J. R.. Effect of mixing time, freeze-drying and baking on phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity of raspberry juice during processing of muffins. **Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura** , v. 92, n. 7, p. 1511-1518, 2012.

SAHI, S.S. Cake emulsions. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. p. 81 - 98.

SANTIAGO, H. P. C. **Medida da solubilidade de óleo de café verde (Coffea arabica L.) em dióxido de carbono supercrítico e modelagem termodinâmica**. 2015. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da engenharia de alimentos) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

SEVERINI, C. *et al.* Reuse of spent espresso coffee as sustainable source of fibre and antioxidants. A map on functional, microstructure and sensory effects of novel enriched muffins. **LWT – Food Science and Technology**, v. 119, 108877, 2020.

SILVEIRA, M. P. **Desempenho antifúngico de óleos essenciais de canela, cravo e louro em bolores de pães de forma integrais**. 2019. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

SOUZA, S. M. *et al.* Avaliação de óleos essenciais de condimentos sobre o desenvolvimento micelial de fungos associados a produtos de panificação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 685-690, 2004.

SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 201-216, 2006.

STEFANELLO, M. É. A. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana e citotóxica de extratos de *Gochnatia polymorpha* ssp. *floccosa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 4, p. 525-530, 2006.

TUNGKIJANANSIN, N. *et al.* Determination of benzoic acid, sorbic acid, and propionic acid in fermented food by headspace solid-phase microextraction followed by GC-FID. **Food Chemistry**, p. 127161, 2020.

VASUDEVAIAH, A. M. *et al.* Effect of green coffee extract on rheological, physico-sensory and antioxidant properties of bread. **Journal of food science and technology**, v. 54, n. 7, p. 1827-1836, 2017.

VICTORIA, V. U. *et al.* Ensaio antioxidante em microplaca do poder de redução do ferro (FRAP) para extratos de algas. **Instituto de Biociências: Universidade de São Paulo**, 2016.

VOYTENA, A. P. L. **Caracterização do perfil químico e avaliação de segurança e eficácia in vitro do óleo de café (Coffea arábica L.) visando aplicação cosmética**. 2017. 121 p. Tese (Doutorado em Biologia Celular) – Centro de Ciência Biológicas, Universidade Federal do Rio de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

WAGEMAKER, T. A. L. **Variabilidade do teor de óleo, de seu fator de proteção solar e de outros componentes da fração lipídica do gênero Coffea visando usos alternativos aos grãos**. 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2009.

WAGEMAKER, T. A. L. **Aplicação do óleo de café em formulações cosméticas: avaliação da estabilidade e da eficiência fotoprotetora**. 2013. 99p. Tese (Doutorado em Medicamentos e Cosméticos.) - Faculdade de Ciencia Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

WAGEMAKER, T. A.L. *et al.* Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of green coffee oil in cosmetic formulations. **Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 9, n. 2, p. 207-214, 2012.

WILDERJANS, E. *et al.* Ingredient functionality in batter type cake making. **Trends in Food Science & Technology**, v. 30, n. 1, p. 6-15, 2013.

ZHOU, W.; THERDTHAI, N.; HUI, Y. Introduction to Baking and Bakery Products. In: ZHOU W.; HUI, Y. **Bakery products: science and technology**, 2 ed. Nova Iorque: Wiley Blackwell, 2014, p. 3–16.

4 ARTIGO I - PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS EM BOLORES ISOLADOS DE MUFFINS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS DE CAFÉ (*Coffe arábica* L.) CRU E TORRADO

Sandra Júnia Monteiro Silva¹, Nísia Andrade Villela Dessimoni Pinto² e Marcio Schmiele^{1*}

¹Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

²Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Autor para correspondência: Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Rodovia MGT-367 - Km 583, nº 5000 - Alto do Jacuba, Fone: 55 (38) 3532-1200 - VoIP 8447 - Sala 349, CEP: 39.100-000 – Diamantina, Minas Gerais, Brasil, e-mail: marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

RESUMO

Os bolores são os principais agentes causadores de deterioração no bolo, torna-os impróprios para consumo humano e reduz o seu valor comercial e nutritivo. Existe uma crescente demanda por produtos seguros e naturais que viabilizem utilizar a utilização de técnicas de biopreservação, melhorando a qualidade e segurança dos produtos para inibição do crescimento de fungos, principais causadores de deterioração nos produtos de panificação. Os óleos de café cru e torrado possuem propriedades bioativas, como antioxidante, e efeito antimicrobiano podendo ser uma alternativa para substituir os conservantes artificiais. Assim, esse estudo teve como objetivo, isolar os micro-organismos do bolo tipo muffin e avaliar as propriedades antifúngicas desses óleos frente aos fungos isolados, determinar os compostos fenólicos totais e avaliar a capacidade antioxidante dos óleos pelo método DPPH e FRAP. O teste de Tukey foi utilizado para verificar as diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$). Após o isolamento da cultura dos fungos do bolo foram realizadas avaliações macroscópica e microscopia. Os fungos encontrados foram caracterizados como filamentosos e pertencentes ao gênero *Trichothecium sp.*, *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.* Posteriormente foi verificado o efeito antifúngico dos óleos contra esses fungos, utilizando o teste de difusão em ágar. Não foi observada atividade antifúngica dos óleos frente aos fungos que foram isolados do bolo. Em relação à análise de compostos fenólicos totais, o óleo do café torrado foi o de maior quantidade deste composto. Para a análise antioxidante pelo método DPPH, ambos os óleos apresentaram capacidade antioxidante, sem diferença significativa. Pelo método FRAP, o óleo do café torrado foi o mais eficiente, com diferença estatística. Com base nesses resultados pode-se inferir que o óleo de café torrado possui maior capacidade antioxidante que o óleo de café cru.

Palavras chave: Panificação. Fungos. Compostos bioativos. Antifúngico. Antioxidantes.

ABSTRACT

Molds are the main agents that cause deterioration in the cake, make them unfit for human consumption and reduce their commercial and nutritional value. There is a growing demand for safe and natural products that make it possible to use the use of biopreservation techniques, improving the quality and safety of products to inhibit the growth of fungi, the main causes of deterioration in bakery products. Raw and roasted coffee oils have bioactive properties, such as antioxidant, and antimicrobial effect and can be an alternative to replace artificial preservatives. Thus, this study aimed to isolate the microorganisms from the muffin cake and evaluate the antifungal properties of these oils against isolated fungi, determine the total phenolic compounds and evaluate the anti-toxicity capacity of the oils using the DPPH and FRAP method. The Tukey test was used to check for statistically significant differences ($p < 0.05$). After isolating the culture of the cake fungi, macroscopic and microscopic evaluations were performed. The fungi found were characterized as filamentous and belonging to the genus *Trichothecium* sp., *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. Subsequently, the antifungal effect of oils against these fungi was verified, using the agar diffusion test. No antifungal activity of the oils was observed against the fungi that were isolated from the cake. Regarding the analysis of total phenolic compounds, roasted coffee oil was the one with the highest amount of this compound. For the antioxidant analysis by the DPPH method, both oils showed antioxidant capacity, with no significant difference. By the FRAP method, roasted coffee oil was the most efficient, with statistical difference. Based on these results, it can be inferred that roasted coffee oil has a greater antioxidant capacity than raw coffee oil.

Keywords: Bakery. Fungi. Bioactive compounds. Antifungal. Antioxidants.

4.1 Introdução

Os fungos são os principais causadores da deterioração nos produtos de panificação, sendo esta a principal causa das perdas econômicas destes produtos. Além disso, podem causar danos à saúde dos consumidores, devido aos metabolitos secundários tóxicos excretados pelos mesmos, tais como a citrinina, aflatoxina e requefortina (JU *et al.*, 2018). A contaminação fúngica dos alimentos torna-os impróprios para consumo humano, reduz seu valor nutritivo e representa um perigo iminente para a saúde humana (BOUND *et al.*, 2016).

Recentemente, tem sido encontrado na literatura estudos da incorporação de compostos naturais em produtos de panificação, visando aumentar a vida de prateleira, fornecer nutrientes e melhorar as características sensoriais dos produtos. Além disso, há uma crescente demanda por produtos seguros e naturais que viabilizem a utilização de técnicas de preservação, melhorando a qualidade e segurança dos produtos para inibição do crescimento de fungos (JU *et al.*, 2018; ZŁOTEK, 2018).

Os óleos e os óleos essenciais de especiarias, ervas e seus constituintes individuais têm crescentes aplicações na indústria de alimentos devido às atividades antifúngica, antitoxigênica e antioxidante. Há interesse considerável na preservação de alimentos pelo uso de óleos essenciais e seus componentes para retardar o crescimento de fungos e a produção de micotoxinas. Tais isolados de plantas podem aumentar o prazo de validade, a qualidade e o valor nutricional dos produtos alimentares armazenados (BOUND *et al.*, 2016). O óleo extraído dos grãos de café crus e torrados é uma fonte naturalmente rica de bioativos, como capacidade antioxidante e antimicrobiana. Em estudos anteriores, o óleo de café cru apresentou atividade antimicrobiana, reduzindo significativamente o crescimento micelial e a esporulação dos fungos *Penicillium roqueforti* e *Rhizopus stolonifer* (ELIZEI, 2016). Os óleos de café cru e torrado possuíram capacidade antioxidante e atividade antibacteriana frente as bactérias *E. coli* e *E. faecalis* (KROYER *et al.*, 1989; RABA *et al.*, 2015).

Diante das propriedades bioativas dos óleos de café cru e torrado, do interesse em usar isolados de planta como biopreservantes naturais nos alimentos, este estudo propôs isolar e identificar o gênero dos fungos em bolo tipo muffin e verificar a ação antifúngica dos óleos de café cru e torrado frente aos fungos isolados do bolo e avaliar os compostos fenólicos e a capacidade antioxidante dos óleos de café.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Elaboração do bolo

Para a preparação dos bolos foi seguida a metodologia proposta por Bennion, Bamford e Bennin (2013), com modificações. O procedimento foi dividido em duas etapas, a fase creme e a fase massa. Na primeira fase foram homogeneizadas a gordura vegetal hidrogenada, a sacarose, o emulsificante e o ovo em uma batedeira planetária (Orbit Kitchen 600, Cadence®) na velocidade 6 por 3 minutos. Posteriormente, na segunda fase, foram adicionados os demais ingredientes, exceto o fermento químico, e realizada a bateção na velocidade 3 por mais 2 minutos. Após, o fermento químico foi adicionado e a incorporação ocorreu na velocidade 1 por mais 20 segundos. Porções de 50 g de massa do bolo tipo muffin foram distribuídas em formas de papel e inseridas dentro de recipientes de alumínio e levadas ao forno a 185 °C por 35 minutos. Na Tabela 4.1, estão descritas as quantidades dos ingredientes utilizados.

Tabela 4.1 - Ingredientes do bolo tipo muffin

Ingrediente (em base farinha)	Quantidade dos ingredientes	
	%	Gramas
Farinha de trigo	100,0	337,0
Gordura vegetal hidrogenada	40,0	134,8
Ovo in natura	50,0	168,5
Água	44,9	151,6
Sacarose	58,8	198,0
Impulsionador de massa	2,5	8,4
Emulsificante*	0,5	1,7

Fonte: elaborado pela autora. *Emulsificante comercial composto por monoglicerídeos destilados, estearato de potássio, monoestearato de sorbitana e monoestearato de polioxietileno sorbitano.

4.2.2 Isolamento dos micro-organismos do bolo

O bolo foi embalado em embalagens de polietileno de baixa densidade e armazenado em local seco e arejado até o surgimento das colônias de fungos, que começaram a ser visíveis no oitavo dia de armazenamento. Porém esperou-se, até o 13º dia, para que houvesse maior crescimento dos bolores, para iniciar o isolamento dos fungos.

Posteriormente, foi utilizada a técnica de semeadura de fungo filamentosos em meio de cultura sólido para obter as culturas puras dos fungos. Para tal, os fungos presentes no bolo foram colocados em meio de batata-dextrose-ágar (BDA) sob condições assépticas a 28 °C por 2 a 5 dias até que as culturas fossem obtidas. Em seguida, foram repetidos os procedimentos com os fungos obtidos nas placas para garantir que a cultura pura fosse obtida (JU *et al.*, 2018; RIBEIRO; STELATO, 2011).

4.2.3 Identificação macroscópica dos fungos isolados do bolo

As características macroscópicas observadas foram a coloração, fundo, pigmentação, textura, superfície, bordas e topografia. Após a observação dessas características, as mesmas foram comparadas com a literatura para uma prévia identificação dos fungos (RIBEIRO; STELATO, 2011).

4.2.4 Identificação microscópica dos fungos isolados do bolo

Para a análise microscópica, inicialmente foi realizado o microcultivo dos fungos. Para tal procedimento, os micro-organismos foram inoculados sobre o meio e lateralmente, recobertos com a lamínula previamente autoclavada. Utilizou-se água destilada para embeber o papel filtro e evitar o ressecamento do meio de cultivo e favorecer as condições de crescimento do fungo. Após inoculadas as placas, estas foram colocadas em estufa bacteriológica (30 °C), durante 3 dias para crescimento dos fungos e posterior observação das características morfológicas microscópicas ópticas.

4.2.5 Análise antifúngica do óleo de café cru e torrado frente aos micro-organismos do bolo

4.2.5.1 Teste de difusão em ágar

Para as análises antifúngicas dos óleos de café cru e torrado foi utilizado o método de difusão em disco em meio sólido de acordo com as normas do *National Committee for*

Clinical Laboratory Standards (NCCLS, 2000). Os fungos que haviam sido isolados do bolo foram reativados em ágar Batata Dextrose (BDA) a 28 °C e incubados até a existência de fungos filamentosos. Posteriormente, os fungos foram ajustados com solução salina estéril (10 %) de acordo com escala 0,5 de turbidez de MacFarland utilizando o espectrofotômetro a 580 nm, para obtenção de transmitância de 70 a 75 %, para padronização do número de fungos.

Em ambiente estéril, foi colocado o meio ágar BD A nas placas de Petri e após a secagem, as soluções fúngicas espalhadas no meio sólido. Os óleos de café cru e torrado foram diluídos em etanol e tween 80 nas seguintes concentrações: 200, 150, 100 e 50 µL/mL, respectivamente. Discos de papel de 8 mm de diâmetro foram imersos nas concentrações das amostras dos óleos e dos controles (apenas com diluentes), posteriormente foram colocados sobre o meio que continham as soluções fúngicas (depois da secagem). As placas foram incubadas em estufa por 5 dias a 28 °C. Durante o cultivo, as concentrações de óleo permeavam sobre o ágar de BDA. O Diâmetro da Zona de Inibição foi medido e os ensaios foram realizados em triplicata, sendo que em cada placa foram colocados quatro discos, totalizando doze discos (NCCLS, 2000).

4.2.6 Determinação dos compostos fenólicos totais

O teor dos compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu segundo Swain e Hillis (1959), com adaptações. Os óleos de café cru e torrado foram diluídos em metanol (0,1 mg mL⁻¹) e reagente de Folin-Ciocalteu diluído em água destilada (1:10) (2,5 mL). Utilizou-se 0,5 mL da diluição e, após 5 minutos, adicionou-se solução aquosa de carbonato de sódio 7,5 % (2,0 mL). Foi aguardado duas horas no escuro para que ocorresse a reação e posteriormente realizar a leitura da absorbância a 740 nm em espectrofotômetro. O teor de compostos fenólicos foi determinado utilizando uma curva padrão de ácido gálico mg.mL⁻¹ (r = 0,999). As análises foram realizadas em triplicata e expressou-se os resultados em mg de ácido gálico g⁻¹ de extrato seco.

4.2.7 Capacidade antioxidante *in vitro*

4.2.7.1 Método de Captura do Radical Livre DPPH

A capacidade antioxidante pelo método DPPH foi realizada de acordo com Scherer e Godoy (2014), que consistiu na adição de alíquotas (0,1 mL) de extratos em 3,9 mL de solução metanólica de DPPH (0,1 mM). Agitou-se vigorosamente os tubos e posteriormente foram deixados no escuro por 90 min. A capacidade antioxidante foi lida em um espectrofotômetro (517 nm) e foi utilizado como branco o metanol. Todas as análises foram realizadas em triplicata. O índice de DPPH foi calculado através da equação 4.1:

$$I\% = [(Abs_0 - Abs_1)/Abs_0] \times 100 \quad \text{Equação 4.1}$$

onde: Abs₀ e Abs₁ são as absorvâncias do branco e da amostra, respectivamente.

O IC₅₀ que significa a quantidade suficiente para 50 % de inibição do radical livre DPPH, foi calculado utilizando a equação da reta obtida pela curva de calibração (r= 0,912). Os resultados do DPPH também foram expressos em relação ao índice de atividade antioxidante (IAA) e calculado de acordo com a equação 4.2:

$$IAA = (\text{concentração final de DPPH } (\mu\text{g.mL}^{-1}) / IC_{50}(\mu\text{g.mL}^{-1})) \quad \text{Equação 4.2}$$

4.2.7.2 Método de Redução do Ferro - FRAP

A determinação da capacidade antioxidante pela redução do ferro foi realizada de acordo com Rufino *et al.* (2006), com adaptações. As amostras de óleos foram diluídas em acetato de etila (mg.mL⁻¹) e em ambiente escuro, foi adicionado 270 µL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP a alíquotas (90 µL) das diluições de cada óleo. A mistura foi homogeneizada em vortex e deixada em banho maria (37 °C). Após 30 minutos de reação, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 595 nm. O reagente FRAP foi utilizado como controle. A capacidade antioxidante do FRAP foi calculada utilizando a equação da reta

obtida pela curva de calibração ($r = 0,931$) e os resultados expresso em μM sulfato ferroso g^{-1} óleo. Todas as concentrações foram analisadas em triplicata.

4.2.8 Análise estatística

Os dados foram analisados pela análise de variância (ANOVA) e quando detectadas diferenças significativas, foi aplicado o teste de Tukey HSD.

4.3 Resultado e discussão

4.3.1 Isolamento e identificação dos micro-organismos do bolo

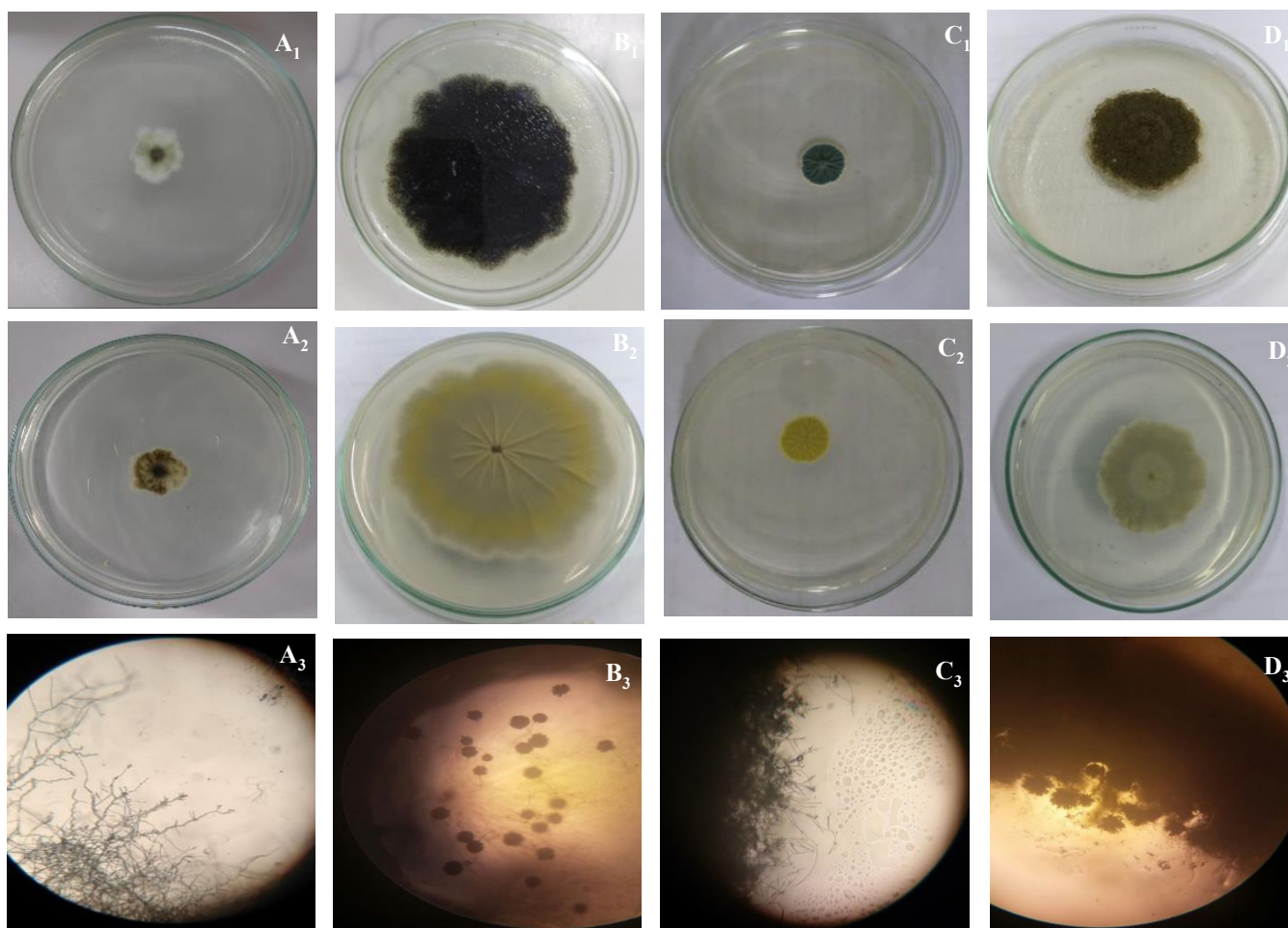
No bolo foram identificados quatro tipos de fungos diferentes (Figura 4.1). Após uma avaliação preliminar macroscópica (Tabela 4.2) e microscópica (imagens A3, B3, C3 e D3 da Figura 4.1), as características de cada fungo foram pesquisadas na literatura (JAY, 2005; RIBEIRO; STELATO, 2011; SILVEIRA, 1968), sendo possível verificar que todos os fungos encontrados eram filamentosos e que as cepas pertencem ao gênero *Trichothecium*, *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.*

Tabela 4.2 - Identificação macroscópica dos fungos isolados do bolo tipo muffin

Fungos	A	B	C	D
Cor visual	Branca	Preta	Verde acinzentada/ bordas brancas	Verde/bordas brancas
Aspecto	Seco	Seco	Seco	Seco
Topografia	Plana	Plana	Convecção	Convecção
Borda	Irregular	Dentada	Regular	Dentada
Superfície	Rugosa	Fissurada	Fissurada	Lisa
Textura	Cotonosa	Pulverizada	Camurça	Pulverizada
Tamanho	Pontual	Grande	Pontual	Médio
Pigmentação (Fundo da placa)	Ausente	Esverdeada	Amarela	Ausente

Legenda: A- *Trichothecium sp.*; B e D- *Aspergillus sp.*; C- *Penicillium sp.*

Figura 4.1 - Morfologia das 4 colônias de fungos encontrados no bolo



Fonte: Acervo dos autores. Legenda: A- *Trichothecium sp.*; B e D- *Aspergillus sp.*; C- *Penicillium sp.*. Observação: cada coluna com a superfície frontal (A₁, B₁, C₁, D₁), traseira (A₂, B₂, C₂, D₂) e foto microscópica aumentada 100 vezes (A₃, B₃, C₃, D₃).

O *Trichothecium* é um gênero comum de fungo com diversas aplicações econômicas, podendo ser aplicado na agricultura, indústria de alimentos, controle biológico e medicinal. Os compostos secundários produzidos por este grupo de fungos geralmente não são tóxicos aos humanos e, alguns deles, possuem potencial para inibir fungos patogênicos aos humanos (BALASUBRAMANIAN *et al.*, 2003).

Algumas espécies de *Aspergillus sp.* estão presentes na deterioração de alimentos (VECCHIA; CASTILHOS-FORTES, 2007) podendo aparecer na coloração amarela, verde e negra, de acordo com o tipo de alimento (JAY, 2005). O fungo se desenvolve na presença de elevadas concentrações de açúcar e sal, indicando a possibilidade de extrair água de substância com baixa atividade de água (TORTORA, 2017). A colônia do *Aspergillus sp.*

possui aparência aveludada ou cotonosa ou granulosa. Inicialmente de coloração branca, podendo se tornar amarela, verde, marrom ou negra. O lado reverso da colônia pode ser branco, amarelo ou marrom (RIBEIRO; STELATO, 2011).

A colônia de *Penicilium sp.* possui coloração inicial branca, podendo se tornar verde acinzentada, com extremidades brancas e aspecto pulverizado durante o cultivo (RIBEIRO; STELATO, 2011). Algumas espécies causam a deterioração de frutas, vegetais, conservas e grãos (TORTORA, 2017). Também podem produzir citrina, toxina do arroz amarelo e micotoxinas (JAY, 2005).

O estudo de Ju e colaboradores (2018) corrobora com alguns fungos encontrados neste trabalho, pois os autores isolaram os micro-organismos do bolo e encontraram fungos da linhagem *Penicillium spp.* e *Aspergillus sp.* Além disso, no trabalho de Souza et al. (2004), os autores descrevem *Rhizopus spp.*, *Penicillium spp.*, *Eurotium repens* e *Aspergillus niger*, como fungos que foram isolados de produto de panificação.

4.3.2 Efeito antifúngico dos óleos essenciais de café torrado e cru

De acordo com o NCCLS (2000), a resposta do micro-organismo em relação ao efeito antimicrobiano do composto testado sobre o mesmo poderá ser resistente, de resistência intermediária ou de sensibilidade verificado pelo tamanho do halo de inibição. Os parâmetros para verificar o efeito antimicrobiano de um composto estão dispostos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Classificação do micro-organismo em relação ao composto antimicrobiano testado

Resistente	Intermediário	Sensível
≤ 12 mm de halo de inibição	13 – 14 mm de halo de inibição	≥ 15 mm de halo de inibição

Fonte: NCCLS, 2000. Adaptado.

Para o teste de difusão em ágar, os óleos de café cru e torrado não inibiram o crescimento dos fungos do gênero: *Trichothecium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, em nenhuma das concentrações utilizadas. As placas que continham óleo apresentaram crescimento de fungo igual ou superior ao controle. Esse fato pode ter ocorrido devido os óleos de café serem compostos por grande quantidade de triacilgliceróis (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006; SANTIAGO, 2015). O trabalho de Luginbuehl (2017) demonstrou que, além dos açúcares, os lipídios são uma importante fonte de carbono orgânico entregues aos fungos.

De acordo com Mehta, Bodh e Gupta (2017), os micro-organismos produzem alta quantidade de lipases. Dentre os fungos filamentosos que possui capacidade de produzir lipase estão o *Penicillium sp.* e *Aspergillus sp.*, tais lipases são capazes de hidrolisar os triacilgliceróis, além de catalisar uma variedade de reações químicas que incluem esterificação, transesterificação, acidólise e aminólise.

Dados da literatura demonstraram a atividade antibacteriana dos óleos de café cru e torrado, principalmente devido ao primeiro composto conter ácido clorogênico e o segundo, diterpenos (ALMEIDA *et al.*, 2006; ARAUJO, 2014; STEFANELLO *et al.*, 2006). Mas para fungos, há poucos estudos de atividade antifúngica dos óleos de café e a maioria dos resultados são de baixa atividade. Como as estruturas desses dois micro-organismos são diferentes, pode ser que a inibição do crescimento bacteriano pelos óleos de café cru e torrado seja mais eficiente que para inibição fúngica.

As bactérias contêm peptidoglicano na parede celular, que possui como principal função, conferir rigidez estrutural à parede da célula bacteriana e constituir uma barreira física contra o ambiente externo, além de servir de suporte para outros componentes (VOLLMER; BLANOT; PEDRO, 2008). Para ter acesso à célula bacteriana, os antibióticos passam pelas porinas (proteínas das membranas), que possuem no interior, características hidrofílicas (GUIMARÃES; MOMESSO; PUPO, 2010). Enquanto os fungos possuem quitina presente nas paredes celulares, que é um polímero de carboidrato (N-acetilglicosamina) de alta massa molar e que proporciona rigidez e suporte estrutural à parede celular dos mesmos (GOW; YADAV, 2017).

Entre os principais mecanismos de ação de compostos naturais sobre os micro-organismos, tem-se: desintegrar a membrana citoplasmática, desestabilizar a força próton motriz, o fluxo de elétrons, o transporte ativo e a coagulação do conteúdo da célula. Não são todos os mecanismos de ação que agem em alvos específicos, alguns sítios podem ser afetados em consequência de outros mecanismos (ARAÚJO, 2014; BURT, 2004). Em relação a ação antimicrobiana dos óleos essenciais, uma característica relevante são os componentes hidrofóbicos que permitem a ruptura dos lipídeos da membrana celular bacteriana, causando a desintegração das estruturas e tornando-as mais permeável (SIKKEMA; BONT; POOLMAN, 1994).

4.3.3 Compostos fenólicos totais

Como pode ser observado na Tabela 4.4, o resultado dos compostos fenólicos totais para o óleo de café cru foi de 155,76 mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de extrato e para o óleo de café torrado foi de 946,84 mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de extrato, diferindo estatisticamente. Pelos resultados encontrados foi possível inferir que os óleos possuem uma quantidade significativa de compostos fenólicos. Para o óleo de café torrado, o valor encontrado de compostos fenólicos foi bem mais elevado que para o óleo de café cru. Esse fato pode ser atribuído ao processo de torrefação que afeta os compostos fenólicos através da reação de *Maillard*. Tais compostos são formados pela degradação térmica de carboidratos, ácido clorogênico e ligninas, dessa forma, tanto o tempo como a temperatura de torrefação dos grãos de café interferem na composição e no fenol formado (ARAÚJO, 2019).

Tabela 4.4 - Concentração de compostos fenólicos nos óleos de café cru e torrado

Óleos	Compostos Fenólicos (mg de ácido gálico.100 g ⁻¹ de extrato)
Café cru	155,76 ± 39,38 ^b
Café torrado	946,84 ± 249,62 ^a

Média ± desvio padrão (n=3). As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey HDS ao nível de 5 % de significância.

Para determinar os compostos fenólicos totais utilizou-se o reagente de Folin – Ciocalteu, que mede a capacidade de um composto ou mistura de compostos em reduzir o ácido fosfomolibídico e fosfotúngstico a um complexo de coloração azul (AINSWORTH; GILLESPIE, 2007). Porém, pode haver compostos que não são considerados fenólicos como os hidratos de carbono, aminas aromáticas, ácido ascórbico, entre outros que se degradam facilmente e podem resultar na formação de complexos azuis, ocasionando valor excessivo no resultado de fenólicos totais (HUANG *et al.*, 2005). Além disso, o solvente de extração utilizado para extrair os fenólicos totais possui forte influência sobre a determinação do mesmo, pelo fato da polaridade do solvente interferir nos tipos de compostos extraídos (PARRY *et al.*, 2005).

4.3.4 Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante do café tem relação direta com a presença de compostos fenólicos, principalmente pelos ácidos clorogênicos. Os resultados do DPPH foram expressos em IC₅₀ e capacidade antioxidante total. O IC₅₀ (mg ácido gálico.g⁻¹ de óleo) é a quantidade de amostra necessária que consegue sequestrar 50 % do radical livre DPPH. Portanto, valores altos desse parâmetro indicam menor capacidade antioxidante. Conforme demonstrado na Tabela 4.5, os óleos de café cru e torrado não obtiveram diferença significativa para o IC₅₀. A capacidade antioxidante total tem relação direta com o sequestro do radical livre no caso do DPPH e por inibir a oxirredução, no caso do FRAP. Para o método DPPH não houve diferença significativa entre os óleos. Enquanto para o método de redução do ferro (FRAP), o óleo de café torrado apresentou maior poder e redução do ferro, ou seja, maior capacidade antioxidante, com diferença estatística.

Tabela 4.5 - Valores de IC₅₀ pelo método DPPH e de capacidade antioxidante total pelo método DPPH e FRAP dos óleos de café

Amostras	Método		
	DPPH		FRAP
	IC ₅₀ (mg.mL ⁻¹)	IAA (mg.mL ⁻¹)	(µM sulfato ferroso/g óleo)
Óleo de café cru	4,54 ± 1,09 ^a	8,86 ± 2,48 ^a	63,45 ± 1,54 ^b
Óleo de café torrado	2,82 ± 1,35 ^a	12,44 ± 4,56 ^a	198,97 ± 14,06 ^a

Média ± desvio padrão (n=3). As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey HSD ao nível de 5 % de significância. Legenda: IC₅₀ – Concentração Inibitória (Inhibitory Concentration); IAA – Índice de Atividade Antioxidante (Antioxidant Activity Index); DPPH - 2,2-Difenil-1-Picril-Hidrazil; FRAP - Ferric Reducing Antioxidant Power (Poder Antioxidante Redutor de Ferro).

Em relação ao método DPPH não ter apresentado diferença significativa e o método FRAP ter sido significativo para a capacidade antioxidante dos óleos de café cru e torrado, pode ser pelo fato do método FRAP ser a análise antioxidante de maior correlação com compostos fenólicos e vitamina C do que com outros antioxidantes. Em estudo da capacidade antioxidante total de extratos obtidos de frutos de goiaba, pelos métodos ABTS, DPPH, FRAP e ORAC, foi verificado que FRAP foi a técnica mais reprodutível e aquela que apresentou uma elevada correlação com os teores de ácido ascórbico e grupos fenólicos (THAIPONG *et al.*, 2006). O que corrobora com os resultados obtidos neste estudo, pois a

análise do método pelo FRAP, teve coerência com a análise dos compostos fenólicos obtidas no item anterior. Ou seja, maior capacidade antioxidante do óleo de café torrado em relação ao óleo do café cru.

Além disso, outros métodos podem ser mais sensíveis a alguns compostos que o método FRAP, sendo que o mesmo determina a redução do ferro e o DPPH a captura do radical orgânico (KUSKOSKI *et al.*, 2005). Assim, pode ter ocorrido significância pelo método FRAP e não ter tido significância pelo método DPPH para os óleos de café, devido à natureza lipofílica dos óleos.

Com base nos resultados obtidos é possível inferir que o óleo de café torrado possui maior capacidade antioxidante. Esse fato pode ser atribuído aos compostos gerados no processo de torrefação, como os produtos secundários da reação de *Maillard*, principalmente as melanoidinas, que apresentam capacidade antioxidante com efeitos fisiológicos positivos, por possuírem grupamentos estruturais como redutonas, enaminas e pirrolequinas que concedem à molécula forte poder sequestrante de espécies reativas de oxigênio (como por exemplo, os radicais hidroxila, peroxila e ânions superóxidos) (HAYASE, 1996; BORRELLI *et al.*, 2002).

Além disso, outro composto encontrado no café que possui capacidade antioxidante é a cafeína, por ser termoestável não é muito afetada durante o processo de torrefação. Estudos demonstraram que o café descafeinado possui menor potencial antioxidante que o café normal, metabolitos da cafeína como metilxantina e 1-metilurato, exibiram capacidade antioxidante *in vitro* (SHI; DALAL; JAIN, 1991; FARAH, 2012). Além disso, a capacidade antioxidante dos óleos de café possivelmente é inferior à do café. Pois, na pesquisa de Affonso *et al.* (2016), foi verificado que o conteúdo de fenólicos fica retido na biomassa residual do café, não sendo extraídos com o método de prensagem a frio para a fração óleo, resultando em baixo valor de fenólicos do óleo e consequentemente menor capacidade antioxidante.

4.4 Conclusão

A partir do isolamento dos fungos do bolo tipo muffin foram encontrados três generos diferentes de fungos: *Trichothecium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* Os óleos essenciais de café cru e torrado não apresentaram efeito antifúngico contra os fungos isolados do bolo tipo muffin na análise in vitro. Esse fato pode ter ocorrido devido aos óleos de café possuírem de forma majoritária triacilglicerídeos em sua composição, que pode ter funcionado como substrato. Os óleos de café possuem concentrações expressivas de compostos fenólicos, destacando-se o óleo de café torrado que apresentou concentração bem superior deste composto. Através dos métodos antioxidantes testados DPPH e FRAP, foi possível verificar que os óleos de café possuem capacidade antioxidante, dando ênfase ao óleo de café torrado que foi mais eficiente para o método FRAP.

4.5 Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Instituto de Ciência e Tecnologia pelo suporte institucional e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior pelo suporte financeiro (código de financiamento 001) e pela bolsa de estudos de S. J. M. Silva (protocolo 23038.014292/2018-73).

4.6 Referências

AFFONSO, R. C. L. *et al.* Phytochemical Composition, Antioxidant Activity, and the Effect of the Aqueous Extract of Coffee (*Coffea arabica* L.) Bean Residual Press Cake on the Skin Wound Healing. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2016, out. 2016.

AINSWORTH, E. A.; GILLESPIE, K. M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plants tissues using Folin-Ciocalteu reagent. **Nature Protocols**. v. 2, p. 875-877, 2007.

ALMEIDA, A. A. P. *et al.* Antibacterial activity of coffee extracts and selected coffee chemical compounds against enterobacteria. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 23, p. 8738-8743, 2006.

ARAUJO, G. M. **Avaliação da atividade anti-Helicobacter pylori e citotóxica in vitro de extratos orgânicos obtidos das folhas de Encholirium spectabile e Syzygium cumini.** 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos – Teoria e Prática**. 7.ed. Viçosa: UFV, 666P. 2019.

BALASUBRAMANIAN, N. *et al.* Liberação e regeneração de protoplastos do fungo *Trichothecium roseum*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 4, p. 263-268, 2003.

BENNION, E. B. B.; BAMFORD, G. S. T. S. T.; BENIN. E. B. G. S. **The technology of cake making**. 6th ed. Bristol: Springer, 2013.

BORRELLI, R.C. *et al.* Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6527–6533, set. 2002.

BOUND, D. J.; MURTHY, P. S.; SRINIVAS, P. 2, 3-Dideoxyglucosides of selected terpene phenols and alcohols as potent antifungal compounds. **Food Chemistry**, v. 210, p. 371-380, 2016.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.

ELIZEI, V. G. *et al.* Atividade antifúngica, in vitro, do óleo de café verde. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 1-7, 2016.

FARAH, A. *et al.* Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1505–1513, mar. 2005.

GOW, N. A.; YADAV, B. Microbe Profile: *Candida albicans*: a shape-changing, opportunistic pathogenic fungus of humans. **Microbiology**, v. 163, n. 8, p. 1145-1147, 2017.

GUIMARÃES, D. O.; MOMESSO, L. S.; PUPO, M. Antibióticos: importância terapêutica e perspectivas para a descoberta e desenvolvimento de novos agentes. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 667-679, 2010.

HAYASE, F. Scavenging of active oxygen by melanoidins. In: Raphael, I. (ed.). **The Maillard Reaction Consequences for the Chemical and Life Sciences**. John Wiley & Sons, Oxford, England, p. 89-104, 1996.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.53, p. 1841-1856, 2005.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005, 711p.

JU, J.; *et al.* Inhibitory effects of cinnamon and clove essential oils on mold growth on baked foods. **Food Chemistry**, v. 240, p. 850-855, 2018.

KROYER, G. T.; *et al.* **Antioxidant properties of tea and coffee extracts**. Proc. 5th Eur. Conf. **Food Chem.**, vol. 2, pp. 433-437, 1989.

KUSKOSKI, E. M. *et al.* Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25, n.4, 726-732, 2005.

LUGINBUEHL, L. H. *et al.* Fatty acids in arbuscular mycorrhizal fungi are synthesized by the host plant. **Science**, v. 356, n. 6343, p. 1175-1178, 2017.

MEHTA, A.; BODH, U.; GUPTA, R. Fungal lipases: a review. **Journal of Biotech Research**, v. 8, p. 58-77, 2017.

NCCLS. **National Committee for clinical laboratory standards**. In: NCCLS document - Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically, approved standard. Wayne: 15 eds., M7 – A5, v. 20, n. 2, 2000.

PARRY, J.; SU, L. *et al.* Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, n. 3, p. 566-573, 2005.

RABA, D. N. *et al.* Investigation on crude and high-temperature heated coffee oil by ATR-FTIR spectroscopy along with antioxidant and antimicrobial properties. **PLoS One**, v. 10, n. 9, 2015.

RIBEIRO, M. C.; STELATO, M. M. **Microbiologia prática: aplicações de aprendizagem de microbiologia básica: bactérias, fungos e vírus**. 2. ed. São Paulo, SP: Atheneu, 2011. 224 p.

RUFINO, M. D. S. M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Embrapa Agroindústria Tropical- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

SANTIAGO, H. P. C. **Medida da solubilidade de óleo de café verde (Coffea arabica L.) em dióxido de carbono supercrítico e modelagem termodinâmica**. 2015. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia de Alimentos). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

SCHERER, R.; GODOY, H.T. Effects of extraction methods of phenolic compounds from *Xanthium strumarium* L. and their antioxidant activity. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, p. 41–46, 2014.

SHI, X.; DALAL, N. S.; JAIN, A. C. Antioxidant behaviour of caffeine: efficient scavenging of hydroxyl radicals. **Food and Chemical Toxicology**, v. 29, n. 1, p. 1-6, 1991.

SIKKEMA, J.; DE BONT, J. A.; POOLMAN, Bert. Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 269, n. 11, p. 8022-8028, 1994.

SILVEIRA, V. D. **Lições de micologia**. 3. ed.rev. e ampl. Rio de Janeiro, RJ: José Olympio, 1968. 301 p.

SOUZA, S.M.C. *et al.* Avaliação de óleos essenciais de condimentos sobre o desenvolvimento micelial de fungos associados a produtos de panificação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 685-690, 2004.

SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 201-216, 2006.

STEFANELLO, M. É. A. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana e citotóxica de extratos de *Gochnatia polymorpha* ssp. *floccosa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 4, p. 525-530, 2006.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolics constituents of *prunus domestica*: the quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 10, n. 1, p. 63-8, 1959.

THAIPONG, K. *et al.*. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, 19, 669-675, 2006.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VECCHIA, A. D.; CASTILHOS-FORTES, R. Contaminação fúngica em granola comercial. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 2, p. 324-327, 2007.

VOLLMER, W.; BLANOT, D.; PEDRO, M. A. Peptidoglycan structure and architecture. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 32, n. 2, p. 149-167, 2008.

ZŁOTEK, U. Antioxidative, potentially anti-inflammatory, and antidiabetic properties, as well as oxidative stability and acceptability, of cakes supplemented with elicited basil. **Food Chemistry**, v. 243, p. 168-174, 2018.

5 ARTIGO II - OTIMIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO BOLO TIPO MUFFIN ADICIONADO DE DERIVADOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

Sandra Júnia Monteiro Silva¹, Nísia Andrade Villela Dessimoni Pinto² e Marcio Schmiele^{1*}

¹Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

²Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Autor para correspondência: Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Rodovia MGT-367 - Km 583, nº 5000 - Alto do Jacuba, Fone: 55 (38) 3532-1200 - VoIP 8447 - Sala 349, CEP: 39.100-000 – Diamantina, Minas Gerais, Brasil, e-mail: marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

RESUMO

O consumo de bolo cresce anualmente, gerando importância econômica e potencial de comercialização no Brasil. Uma forma de ampliar a oferta destes produtos é através do uso de ingredientes que conferem sabores específicos, como por exemplo o café e os derivados de café. O presente estudo visou incorporar café torrado moído, extrato de café e óleo de café torrado em bolo tipo muffin. Tais ingredientes foram incorporados à massa do bolo de 18 formulações geradas pelo Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). Posteriormente foram realizadas as análises de pH e gravidade específica (GE) na massa e análises de volume específico, textura (firmeza e dureza), umidade, cor instrumental (L^* , a^* , b^* , ΔE^* do miolo e da crosta) e atividade de água, no bolo. Observou-se que as principais respostas afetadas foram a GE na massa, e a firmeza; L^* , b^* e ΔE^* , do miolo; L^* , a^* , b^* e ΔE^* da crosta dos bolos. Observando os parâmetros que foram significativos e avaliando a desejabilidade dos parâmetros no bolo foram otimizadas duas formulações. Para as formulações otimizadas e o padrão foram realizadas as análises que tiveram significância, de composição centesimal, de cafeína e das características alveolares do miolo. As formulações otimizadas obtiveram menores valores de GE, firmeza e dureza em relação à padrão, conseqüentemente, resultaram em um produto com melhores características físicas desejáveis para o bolo. A coloração foi mais escura que a padrão em decorrência da adição de café torrado e a atividade de água foi próxima ao padrão. Em relação à composição centesimal houve aumento significativo no teor de cinzas, lipídeos, umidade e fibras alimentares das formulações otimizadas em relação a padrão. A presença das fibras do café proporcionou uma redução no teor de carboidratos digeríveis. Além disso, os bolos adicionados de café foram enriquecidos com maior quantidade de cafeína e fibras alimentares. Com o uso dos derivados de café foi possível manter a estrutura alveolar do miolo das fatias em relação à mostra padrão. Assim, as duas formulações de bolos tipo muffins foram desenvolvidas com melhores características físico-químicas que a padrão, demonstrando que o café é um interessante ingrediente alimentar com pontencial para ser incorporado a massa dos bolo.

Palavras chave: Cafeína. Firmeza. Desejabilidade. Gravidade específica. Alvéolos.

ABSTRACT

The consumption of cake grows annually, generating economic importance and potential for commercialization in Brazil. One way to expand the offer of these products is through the use of ingredients that give specific flavors, such as coffee and coffee derivatives. The present study aimed to incorporate ground roasted coffee, coffee extract and roasted coffee oil in muffin cake. Such ingredients were incorporated into the cake mass of 18 formulations generated by the Central Rotational Composite Design (DCCR). Subsequently, pH and specific gravity (GE) analyzes were carried out on the mass and analyzes of specific volume, texture (firmness and hardness), humidity, instrumental color (L^* , a^* , b^* , ΔE^* of the crumb and crust) and water activity, in the cake. It was observed that the main affected responses were the GE in the mass, and the firmness; L^* , b^* and ΔE^* , of the kernels; L^* , a^* , b^* and ΔE^* of the cake crust. Observing the parameters that were significant and evaluating the desirability of the parameters in the cake, two formulations were optimized. For the optimized formulations and the standard, analyzes were performed that had significance, proximate composition, caffeine and the alveolar characteristics of the kernel. The optimized formulations obtained lower values of GE, firmness and hardness in relation to the standard, consequently, resulted in a product with better desirable physical characteristics for the cake. The color was darker than the standard due to the addition of roasted coffee and the water activity was close to the standard. Regarding centesimal composition, there was a significant increase in the content of ash, lipids, moisture and fibers in formulations optimized in relation to standard. The presence of coffee fibers provided a reduction in the content of digestible carbohydrates. In addition, the added coffee cakes were enriched with a greater amount of caffeine and dietary fiber. With the use of coffee derivatives it was possible to maintain the honeycomb structure of the slices in relation to the standard sample. Thus, the two formulations of muffin cakes were developed with better physico-chemical characteristics than the standard, demonstrating that coffee is an interesting food ingredient with potential to be incorporated into the cake dough.

Keywords: Caffeine. Firmness. Desirability. Specific gravity. Alveoli.

5.1 Introdução

O bolo ocupa a segunda posição de consumo entre os produtos de panificação, antecedido apenas pelo pão, sendo que o consumo per capita de bolo industrializado no Brasil em 2019 foi de 0,204 kg/ano e nesse mesmo ano, a posição ocupada no ranking mundial de vendas foi a décima primeira (ABIMAPI, 2020).

Dentre as variedades de bolo, o tipo muffin tem aumentado significativamente a popularidade (GOSWAMI *et al.*, 2015). O produto ocupa o terceiro lugar entre os produtos no café da manhã e atrai uma ampla gama de consumidores (ROSALES-SOTO *et al.*, 2012) com 94,02 milhões de consumidores norte-americanos em 2017. O consumo de bolo industrializado no Brasil no ano de 2019, foi de aproximadamente 43 mil toneladas, movimentando cerca de 1,15 bilhão de reais (ABIMAPI, 2020).

O bolo é um produto cozido ou assado, preparado à base de farinha, açúcar ou edulcorantes, ovos, um lipídeo como manteiga, margarina, gorduras vegetais ou óleo, além de uma fração líquida que pode ser leite, água ou mesmo suco de frutas. Além disso pode conter aromatizantes e agente químico de crescimento (MAIA, 2007). Estes ingredientes são para uma formulação convencional.

A qualidade dos bolos está relacionada à maciez na textura, a qual não deve ser alterada durante a vida de prateleira do produto. O bolo deve ter um miolo homogêneo, superfície uniforme, volume adequado, palatabilidade e sabor agradável, e deve ser de fácil processamento. Tais características estão diretamente relacionadas à qualidade e ao balanceamento dos ingredientes, em conjunto com a forma de processamento (PAVANELLI *et al.*, 2000). Esses parâmetros de qualidade podem ser avaliados por meios físico-químicos ou sensoriais (ESTELLER *et al.*, 2006).

Os ingredientes do bolo atuam de forma individual e na mistura alterando as características desejáveis em um produto de qualidade (CONFORTI, 2014). Recentemente, tem-se encontrado na literatura estudos da incorporação de compostos naturais em produtos de panificação (JU *et al.*, 2018; ZŁOTEK, 2018). Desta forma, há um potencial no uso do café e/ou subprodutos como ingredientes na massa de produtos de panificação (ATEŞ; ELMACI, 2019; SEVERINI *et al.*, 2020; VASUDEVAIAH *et al.*, 2017).

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo e uma das principais commodities comercializadas, atrás apenas do petróleo (MUSSATTO *et al.*, 2011). Trata-se de uma bebida conhecida como estimulante, característica atribuída principalmente à presença

da cafeína. Além disso, possui sabor e aromas únicos, consequência de uma composição química complexa no grão cru e torrado, onde essa complexidade é aumentada durante o processamento. No processo de torrefação, ocorrem consideráveis mudanças físico-químicas nos grãos do café. A sacarose, principal glicídio de baixo peso molecular presente nos grãos do café cru, cerca de 5 a 8 % no café Arábica, é extensamente degradada. Os carboidratos de baixo peso molecular (principalmente sacarose) convertem-se rapidamente em glicose e frutose e iniciam as reações de escurecimento, principalmente nos primeiros estágios da torrefação. Essa degradação ocorre geralmente por caramelização (pirólise) e/ou por reação de *Maillard* (condensação da carbonila de um glicídio redutor com um grupamento amino de um aminoácido), sendo que esta última gera como produto da reação as melanoidinas, além de compostos com atividade antioxidante (BORGES *et al.*, 2002; ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; MENDES, 2005; MOREIRA *et al.*, 2000; TOCI; FARAH; TRUGO, 2006; WANG; LOONG-TAK, 2014).

Como o café é um produto natural, rico em compostos bioativos, de sabor único e característico, com grande aceitação mundial e diante da popularidade significativamente crescente do bolo tipo muffin, este estudo visou otimizar a formulação com adição de derivados do café neste tipo de bolo. Para isso, foi incorporada à massa do bolo, o café torrado moído, o extrato de café e o óleo de café torrado, utilizando-se a Metodologia de Superfície de Resposta através de um Delineamento Composto Central Rotacional, a partir de uma formulação padrão. Posteriormente foram verificados os parâmetros de qualidade tecnológica e propriedade nutricional do produto.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Descrições dos procedimentos para a execução do projeto

Os ingredientes para preparo do bolo foram farinha de trigo tipo 1, sacarose, gordura vegetal hidrogenada, ovos in natura, café torrado moído extraforte, emulsificante (mistura de monoglicerídeos destilados, estearato de potássio, monoestearato de sorbitana e monoestearato de polioxietileno sorbitano) e fermento químico, os quais foram adquiridos no comércio local da cidade de Diamantina – MG. O óleo do café torrado foi adquirido em uma empresa de venda de óleos on-line.

5.2.2 Delineamento experimental

Para se obter as formulações do bolo tipo muffin foi realizado um planejamento experimental utilizando-se o delineamento composto central rotacional (DCCR) de segunda ordem (RODRIGUES; IEMMA, 2014). Desta forma, foram avaliadas o desempenho das diferentes proporções das variáveis independentes: X_1 = café torrado moído, X_2 = extrato de café e X_3 = óleo de café torrado sobre a massa e o bolo. Para realizar este delineamento foram utilizados 5 níveis codificados: $-\alpha$, -1 , 0 , $+1$, $+\alpha$. O valor de α foi determinado em função do número de variáveis independentes ($n = 3$), sendo definido pela Equação 5.1:

$$\alpha = (2^n)^{1/4} = (2^3)^{1/4} = 1,68 \quad (\text{Equação 5.1})$$

Os valores entre os limites inferior e superior de cada variável independente foram instituídos a partir de dados da literatura e/ou de testes preliminares realizados. As proporções do café torrado moído foram calculadas em relação à substituição do trigo. As proporções do extrato de café foram calculadas em relação à substituição da água. As proporções do óleo de café torrado foram calculadas em base farinha.

O extrato de café foi preparado com o mesmo café torrado moído utilizado para adição da formulação do bolo. A proporção de café torrado moído e água filtrada em ebulição utilizado para a obtenção do extrato foi de 10:90, respectivamente, o qual foi obtido pelo método de filtração. Em seguida, o extrato foi resfriado à temperatura ambiente para adição à massa.

O planejamento experimental foi constituído por 18 ensaios (Tabela 5.1), contendo diferentes proporções das variáveis independentes, que variaram de 0 a 25 g para o café torrado moído, 0 a 45 g de extrato de café e de 0 a 0,6 mL de óleo de café torrado, em valores reais.

Tabela 5.1 - Delineamento composto central rotacional com 3 variáveis independentes para a elaboração dos bolos tipo muffin

Ensaio	Níveis codificados			Níveis reais		
	x ₁	x ₂	x ₃	X ₁ (m/m)	X ₂ (m/m)	X ₃ (v/m)
1	-1	-1	-1	5,06	9,10	0,012
2	1	-1	-1	19,90	9,10	0,012
3	-1	1	-1	5,06	35,90	0,012
4	1	1	-1	19,90	35,90	0,012
5	-1	-1	1	5,06	9,10	0,048
6	1	-1	1	19,90	9,10	0,048
7	-1	1	1	5,06	35,90	0,048
8	1	1	1	19,90	35,90	0,048
9	-1,68	0	0	0,00	22,50	0,030
10	1,68	0	0	25,00	22,50	0,030
11	0	-1,68	0	12,50	0,00	0,030
12	0	1,68	0	12,50	45,00	0,030
13	0	0	-1,68	12,50	22,50	0,000
14	0	0	1,68	12,50	22,50	0,060
15	0	0	0	12,50	22,50	0,030
16	0	0	0	12,50	22,50	0,030
17	0	0	0	12,50	22,50	0,030
18	0	0	0	12,50	22,50	0,030
Padrão	-	-	-	0,00	0,00	0,00

x₁ e X₁ = café torrado moído; x₂ e X₂ = extrato de café; x₃ e X₃ = óleo de café torrado.

5.2.3 Formulação dos bolos

As formulações dos bolos foram desenvolvidas de acordo com um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), gerando 18 ensaios e a formulação padrão, que estão dispostas na Tabela 5.2. A gordura vegetal hidrogenada (134,0 g), sacarose (198,8 g), fermento químico (8,4 g) e emulsificante (1,7 g) foi fixa para todos os ensaios.

Tabela 5.2 - Quantidade dos ingredientes utilizados nas diferentes formulações do bolo tipo muffin em base farinha

Ensaio	FT (%)	FT (g)	Água (%)	Água (g)	X ₁ (%)	X ₁ (g)	X ₂ (%)	X ₂ (g)	X ₃ (µl)
1	94,9	319,9	79,8	121,0	5,1	17,1	20,3	30,7	40,4
2	80,1	269,9	79,8	121,0	19,9	67,1	20,3	30,7	40,4
3	94,9	319,9	20,3	30,7	5,1	17,1	79,8	121,0	40,4
4	80,1	269,9	20,3	30,7	19,9	67,1	79,8	121,0	40,4
5	94,9	319,9	79,8	121,0	5,0	17,0	20,3	30,7	161,7
6	80,1	269,9	79,8	121,0	19,9	67,0	20,3	30,7	161,7
7	94,9	319,9	20,3	30,7	5,0	17,0	79,8	121,0	161,7
8	80,1	269,9	20,3	30,7	19,9	67,0	79,8	121,0	161,7
9	100,0	336,9	50,0	75,8	0,0	0,0	50,0	75,8	101,1
10	75,0	252,7	50,0	75,8	25,0	84,2	50,0	75,8	101,1
11	87,5	294,8	100,0	151,6	12,5	42,1	0,0	0,0	101,1
12	87,5	294,8	0,0	0,0	12,5	42,1	100,0	151,6	101,1
13	87,5	294,9	50,0	75,8	12,5	42,1	50,0	75,8	0,0
14	87,5	294,8	50,0	75,8	12,5	42,1	50,0	75,8	202,1
15	87,5	294,8	50,0	75,8	12,5	42,1	50,0	75,8	101,1
16	87,5	294,8	50,0	75,8	12,5	42,1	50,0	75,8	101,1
17	87,5	294,8	50,0	75,8	12,5	42,1	50,0	75,8	101,1
18	87,5	294,8	50,0	75,8	12,5	42,1	50,0	75,8	101,1
Padrão	100,0	337,0	100,0	151,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

x₁ - café torrado moído; x₂ - extrato de café; x₃ – óleo de café torrado; FT– farinha de trigo.

5.2.4 Preparação da massa do bolo

Para preparar os bolos foi utilizada a metodologia de dois estágios, fase creme e fase massa, adaptada de Bennion, Bamford e Bennin (2013). O procedimento foi dividido em duas etapas, a fase creme e a fase massa. Na primeira fase foram homogeneizadas a gordura vegetal hidrogenada, a sacarose, o emulsificante e o ovo em uma batedeira planetária (Orbit Kitchen 600, Cadence®) na velocidade 6 por 3 minutos. Posteriormente, na segunda fase, foram adicionados os demais ingredientes, exceto o fermento químico, e realizada a bateção na velocidade 3 por mais 2 minutos. Após, o fermento químico foi adicionado e a incorporação ocorreu velocidade 1 por mais 20 segundos. Porções de 50 g de massa do bolo tipo muffin foram distribuídas em formas de papel e inseridas dentro de recipientes de alumínio e levadas ao forno a 185 °C por 35 minutos.

5.2.5 Análise físico-químicas da massa do bolo

Foram realizadas as análises de pH e gravidade específica na massa, de acordo com o método 02-52.01 e 55-50.01 da *American Association of Cereal Chemist International* (AACCI, 2010), respectivamente. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

5.2.6 Análises físico-químicas do bolo

Nos bolos foram realizadas as análises de textura instrumental (firmeza e dureza), cor instrumental (da crosta e do miolo), atividade de água, volume específico (VE) e umidade. Todas as análises foram realizadas em triplicata, exceto a para textura, para a qual foram realizadas nove repetições.

A textura instrumental, avaliando-se os parâmetros firmeza e dureza, foi determinada conforme o método 74-09.01 (AACCI, 2010), utilizando-se o texturômetro TA.XT Plus. A análise foi realizada no dia seguinte a fabricação do bolo. Inicialmente os bolos foram fatiados em um fatiador FPV129 (Venancio), em fatias com 12 mm de espessura. Duas fatias foram submetidas à compressão. Os parâmetros utilizados foram: plataforma Heavy Duty Platform (HDP/90), probe cilíndrica P36, velocidade de pré-teste de 1,0 mm/s, velocidade de teste de 1,0 mm/s, velocidade de pós-teste de 10,0 mm/s, distância de compressão de 40 % e limiar de detecção de 0,049 N.

A análise de cor instrumental nos bolos foi determinada conforme o método descrito por Schmiele *et al.* (2011), através do colorímetro espectrofotométrico CM5 (Konica Minolta) previamente calibrado, utilizando D₆₅ luz do dia e o sistema de escala de cor $L^* a^* b^*$ (CIE Lab), onde L^* está na faixa de 0 (preto) a 100 (branco), a^* está na faixa de verde (-60) ao vermelho (+60) e b^* está na faixa de azul (-60) ao amarelo (+60).

As medidas foram realizadas na crosta (parte externa) dos bolos tipo muffin e após, foi feito um corte horizontal nesse produto para avaliar a cor do miolo (parte interna). A diferença de cor (ΔE^*) foi obtida pela equação 5.2:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad \text{Equação (5.2)}$$

A atividade de água foi determinada utilizando o equipamento medidor de atividade de água, Aqualab, na temperatura constante de 25 ± 1 °C. Este equipamento fornece

a leitura direta da atividade de água. O volume específico e a umidade dos bolos foram conduzidos pelos métodos 10-05.01 e 44-15.02 (AACCI, 2010), respectivamente.

5.2.7 Análises de composição centesimal, de cafeína e de imagem das fatias das formulações padrão e otimizadas

A formulação padrão e as formulações otimizadas foram avaliados quanto à composição centesimal por meio da avaliação do teor de umidade, proteína, lipídios e cinzas, seguindo os respectivos métodos 44-15.02, 46-13.01, 30-25.01 e 08-01.01 (AACCI 2010). Os carboidratos digeríveis e o conteúdo de fibra alimentar seguindo os métodos da *Association of Official Analytical Chemists*: 982.14 e 978.10, respectivamente (AOAC 2019).

A extração da cafeína foi feita por meio de extração exaustiva. Inicialmente foi pesada cerca de 10 gramas das amostras e adicionada a 50 mL de água destilada fervente (em torno de 95 °C). A diluição foi transferida para uma mesa agitadora (SOLAB SL 180/DT) por 15 min., a 130 rpm. Posteriormente, a suspensão foi centrifugada a 3200 rpm por 5 min. Filtrou-se o sobrenadante utilizando-se uma bomba a vácuo. O extrato filtrado foi transferido para um balão de 50 mL e adicionado de água destilada para completar o volume. Alíquotas de 10 µl foram utilizadas para fazer a análise cromatográfica. A qual foi realizada por meio de um sistema HPLC (High Performance Liquid Chromatography) Agilent 1260 Infinity equipado com bomba quaternária, sistema de detecção DAD (Detector Diode Array). Para a separação foi utilizada coluna Zorbax Eclipse Plus C18 (4.6 x 150 mm e 5 micrometros de tamanho de partículas) (Agilent USA). As condições de análise foram: Fase móvel composta por 70 % de água ultrapura e 30 % de metanol (grau HPLC Sigma-Aldrich), fluxo de 0,8 mL/min sistema de detecção com absorbância a 274 nm. A quantificação foi realizada por meio de curva de calibração utilizando cafeína como padrão, sob as mesmas condições de análise. A análise foi realizada em triplicata.

Para análise da estrutura alveolar, 4 fatias de diferentes bolos de 12 mm de espessura foram digitalizadas e tratadas no software Image J conforme metodologia descrita por Tasiguano et al. (2019). Os parâmetros avaliados foram a área total da fatia (mm²), o número de alvéolos, circularidade dos alvéolos (mm), tamanho médio dos alvéolos (mm) e área total dos alvéolos (%). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

5.2.8 Análise estatística

Os resultados obtidos dos 18 ensaios fornecidos pelo DCCR foram analisados pela Metodologia de Superfície de Resposta em relação ao coeficiente de regressão e da análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 10 %. Para esse estudo, o coeficiente de determinação mínimo, R^2 , adotado para a ANOVA foi de 0,80. Foi determinado esse valor de R^2 devido às variações que as variáveis dependentes sofrem ao longo do processamento, como variação de temperatura dentro do forno, umidade relativa do ar, manipulação manual da massa em algumas operações, entre outras.

A equação 5.3 representa o modelo geral da função de regressão, o qual pode ser ajustado aos valores das variáveis respostas, que é detentora de termos lineares, quadráticos e das interações entre si.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \varepsilon$$

Equação (5.3)

onde: Y: é a variável resposta de estudo; β_0 = constante de regressão; β_i , β_{ii} e β_{ij} = coeficiente de regressão linear, quadrático e de interação, respectivamente; x_i e x_j = valores codificados das variáveis independentes; e ε é o erro experimental.

Os resultados fornecidos pelo R^2 , se maiores que 0,8 foram considerados significativos e indicam que pelo menos 80 % das respostas experimentais foram explicadas pelo modelo matemático. Além disso, foi gerado os gráficos de curva de contorno, que permitiu avaliar melhor os efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis respostas (variáveis dependentes) que possuíam diferença significativa.

O próximo passo foi encontrar os níveis experimentais que forneciam as melhores características desejáveis para o bolo. Essa avaliação foi realizada através da função desejabilidade de acordo com a metodologia proposta por Derringer e Suich (1980). Consiste em um procedimento de otimização simultâneo que visa encontrar os valores dos fatores que otimizam uma ou mais respostas, ou as mantenha na faixa desejável, através de métodos de programação não linear. Primeiramente, a função irá converter cada resposta Y, variável de estudo, em uma função individual de desejabilidade d_i que possui valores na faixa de $0 \leq d_i \leq 1$. Quanto mais desejável a resposta, mais próxima de 1 será d_i . Dessa forma, serão maximizadas a desejabilidade global através das escolhas das variáveis.

Para a composição centesimal, teor de cafeína e análise de imagem das fatias foi aplicado a análise de variância e o teste de Tukey HSD foi utilizado para comparação de médias, com nível de significância de 5 %.

5.3 Resultado e discussão

5.3.1 Resultado das análises físico-químicas da massa e do bolo

Os resultados obtidos das análises físico-químicas da massa e do bolo dos 18 ensaios elaborados pelo DCCR e pela formulação padrão estão dispostos nas Tabelas 5.3 e 5.4. Para as variáveis estatisticamente significativas ($p \leq 0,10$ e $R^2 \geq 0,80$) foram gerados os modelos matemáticos (Tabela 5.5) e as curvas de contorno (Figuras 5.1 a 5.5).

Os valores de GE apresentaram-se entre 0,74 e $0,85 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ (Tabela 5.3) para os ensaios. Estes resultados são explicados pelo modelo matemático com coeficiente de determinação de 80,55 % (Tabela 5.5). A partir das curvas de contorno (Figura 5.1) foi observado que maiores concentrações das variáveis independentes, dentro da faixa estudada, resultaram na maior incorporação de ar na massa ($p < 0,10$). A maior influência foi proporcionada pela interação entre o extrato de café e o óleo de café ($\beta_{23} = -0,02$). Além disso, observou-se a vantagem do uso dos derivados de café sobre a GE, pois todos os ensaios apresentaram valores inferiores à amostra padrão.

A gravidade específica é uma medida que avalia a incorporação e retenção de ar na massa do bolo durante o preparo através de agitação e liberação de gás pelo fermento, quanto mais ar é incorporado à massa, menor a gravidade específica. Valores elevados de gravidade específica são desfavoráveis ao volume do produto, causando miolo fechado, massudo e com aspecto não adequado (PYLER; GORTON, 2009).

As fibras presentes no café torrado moído, provavelmente resultaram em um impedimento físico de aproximação entre as partículas presentes na massa, causando assim maiores espaços livres para a retenção do ar incorporado. Este efeito foi favorecido sinergicamente pela adição do óleo de café torrado, pois sabe-se que numa massa de bolo, as bolhas de ar ficam dispersas na fase gordurosa, resultando assim em menores valores de gravidade específica. Além disso, observou-se a vantagem do uso dos derivados de café sobre a GE, pois todos os ensaios apresentaram valores inferiores à amostra padrão.

A quantidade de íons hidrogênio ionizáveis na massa não foi influenciada pelo uso dos derivados de café. Os valores de pH obtidos foram entre 6,11 e 6,66, sendo que a

amostra padrão apresentou valor dentro deste intervalo (6,26). Embora não tenha sido estatisticamente significativo, a baixa variação de pH foi avaliada como extremamente importante para os ensaios, pois sabe-se que a velocidade de liberação do CO₂ pelo fermento químico é dependente do pH. Desta forma, o poder de liberação dos gases não foi afetado.

A firmeza do bolo avaliada pelo texturômetro está relacionada à força aplicada por este instrumento para que seja capaz de causar deformação ou rompimento da amostra, o que se correlaciona com a mordida e a sensação entre a língua e o céu da boca durante o consumo do alimento. Além disso, as amostras que possuem maior quantidade de fibras ou são ressecadas necessitam de maior salivação e maior número de mastigações antes da deglutição. Assim, um bolo de maior firmeza, irá necessitar de maior trabalho mecânico e movimentação na boca (ESTELLER *et al.*, 2004).

Os dados para análise de firmeza variaram entre 5,80 e 12,16 N para os ensaios, sendo que a maioria ficou abaixo da formulação padrão. O modelo matemático explica 83,83 % das respostas obtidas. Verificou-se que a maior influência em resultar num miolo macio das fatias é proporcionado pelo termo quadrático do café torrado moído ($\beta_{11} = -0,94$), pela interação entre o extrato de café e óleo de café ($\beta_{23} = -0,87$) e pelo termo quadrático do óleo de café ($\beta_{33} = -0,65$). A composição química do café torrado pela presença de alto teor de fibras alimentares pode ter interferido na formação da estrutura da proteína e de amido em volta das bolhas de ar na massa, favorecendo valor de firmeza superior no produto final que continham maiores proporções de café torrado moído. Pois, além da quantidade de ar incorporado na massa, o tamanho das bolhas de ar também é muito importante. O tamanho das bolhas de ar é dependente do raio, da tensão superficial e da pressão interna. Quanto menor o raio, maior é a pressão. Geralmente o tamanho da bolha de ar no produto final é 3 a 5 vezes maior em relação à massa (DA SILVA BORGES, 2013). A interação entre o extrato de café e o óleo de café foi extremamente importante para resultar em texturas macias ao miolo das fatias, conforme Figura 5.1.

Este resultado corrobora com a correlação direta entre a gravidade específica e a textura dos bolos, onde maior teor de ar incorporado à massa resultou em menor gravidade específica da massa e em bolos com maior maciez. O fato da região das curvas de contorno da firmeza não coincidirem exatamente com as da gravidade específica está relacionado com a provável coalescência das bolhas de ar e com a possibilidade de perda destas células de ar incorporadas durante a etapa de pesagem e o início do forneamento.

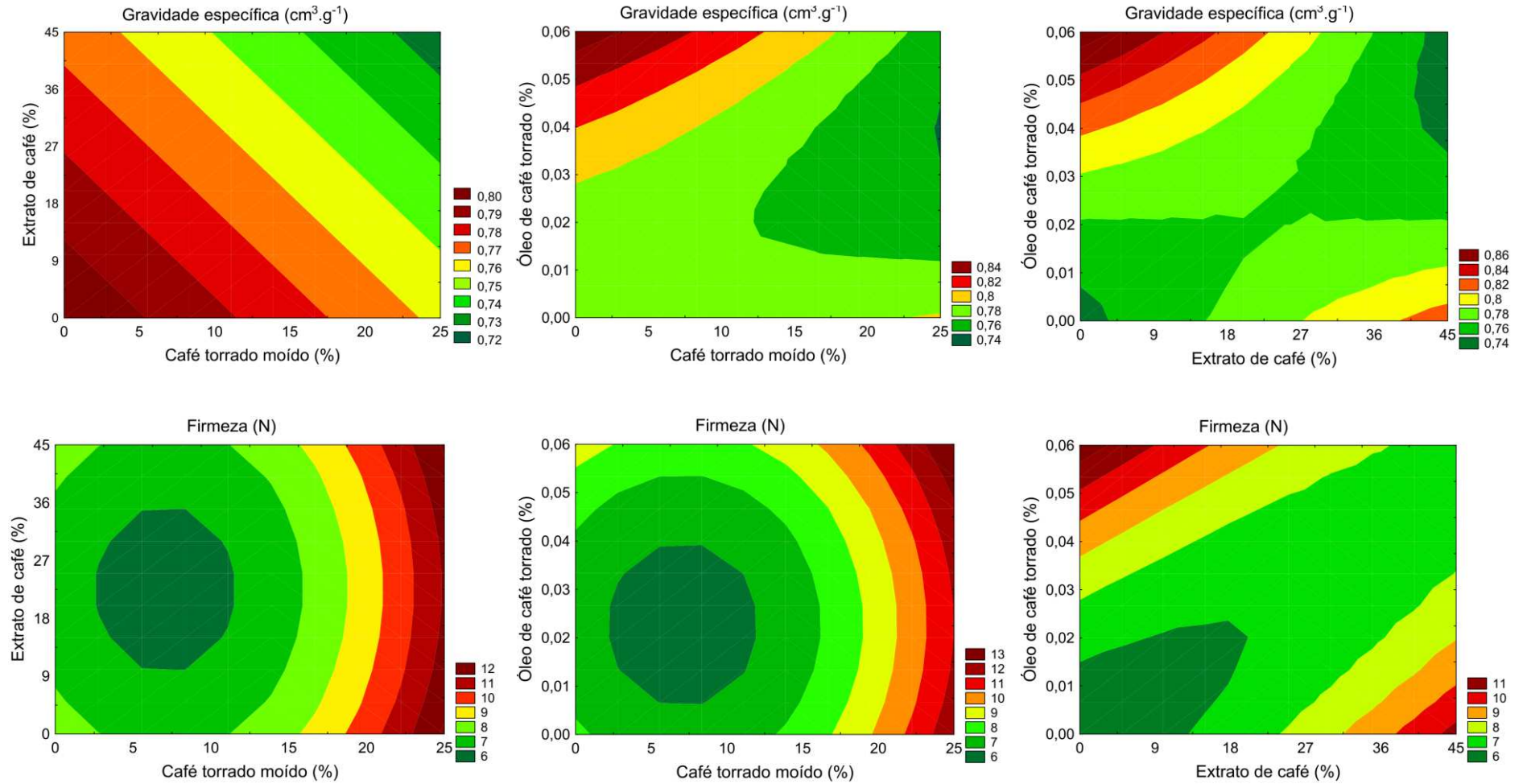
Em relação à dureza das fatias foi observado que os termos linear ($\beta_1 = 1,48$ e $p = 0,003$) e quadrático ($\beta_{11} = 0,97$ e $p = 0,033$) do café torrado moído e a interação entre o

extrato de café e o óleo de café ($\beta_{23} = -1,00$ e $p = 0,067$) foram estatisticamente significativos. No entanto, o coeficiente de determinação demonstra que somente 78,99 % das respostas podem ser explicados pelo modelo matemático. Desta forma, não foi possível gerar a curva de contorno. Verificou-se que o comportamento é semelhante a firmeza, onde o café torrado moído resulta em miolos mais duros e o efeito sinérgico entre o extrato de café e o óleo de café resultou em miolos mais macios. Os valores de dureza para os ensaios estão entre 7,22 e 14,23 N e somente os ensaios 6 e 10 apresentaram valores de dureza maiores que a amostra padrão (12,58 N).

Tabela 5.3 - Resultado das análises físico-químicas da massa e dos bolos elaborados

Ensaio	Gravidade específica (cm ³ .g ⁻¹)	pH	Firmeza (N)	Dureza (N)	Volume específico (mL.g ⁻¹)	Atividade de água	Umidade (%)
1	0,76 ± 0,02	6,11 ± 0,04	5,93 ± 0,66	7,86 ± 0,94	2,68 ± 0,19	0,9197 ± 0,0047	24,08 ± 0,10
2	0,76 ± 0,04	6,35 ± 0,01	8,72 ± 0,76	10,79 ± 0,74	2,63 ± 0,27	0,8995 ± 0,0427	25,46 ± 0,29
3	0,79 ± 0,02	6,36 ± 0,01	6,31 ± 0,40	8,24 ± 0,81	2,51 ± 0,07	0,9353 ± 0,0039	27,24 ± 0,09
4	0,77 ± 0,01	6,29 ± 0,04	9,56 ± 0,76	11,81 ± 0,55	2,68 ± 0,15	0,9307 ± 0,0045	27,06 ± 0,21
5	0,85 ± <0,01	6,43 ± 0,01	7,97 ± 1,32	9,82 ± 0,64	2,32 ± 0,06	0,9318 ± 0,0005	27,48 ± 0,05
6	0,77 ± <0,01	6,15 ± 0,01	12,16 ± 1,31	14,23 ± 1,42	2,68 ± 0,17	0,9443 ± 0,0267	25,02 ± 0,11
7	0,77 ± 0,01	6,27 ± 0,01	6,69 ± 0,41	8,20 ± 0,57	2,50 ± 0,02	0,9325 ± 0,0061	31,07 ± 0,10
8	0,74 ± 0,01	6,38 ± 0,02	7,70 ± 0,41	9,24 ± 0,56	1,81 ± 0,09	0,9148 ± 0,0500	24,98 ± 0,31
9	0,76 ± 0,01	6,28 ± 0,02	6,30 ± 0,89	7,87 ± 1,12	2,48 ± 0,06	0,9333 ± 0,0039	27,21 ± 0,15
10	0,74 ± 0,01	6,40 ± 0,01	10,73 ± 0,75	12,80 ± 1,05	2,72 ± 0,06	0,8898 ± 0,0435	24,74 ± 0,18
11	0,78 ± 0,02	6,28 ± 0,02	5,99 ± 1,01	7,23 ± 1,19	2,46 ± 0,02	0,9185 ± 0,0056	27,56 ± 0,07
12	0,74 ± 0,01	6,43 ± 0,02	7,86 ± 1,66	10,22 ± 1,00	2,53 ± 0,11	0,9118 ± 0,0210	27,59 ± 0,12
13	0,76 ± 0,02	6,41 ± 0,03	6,83 ± 0,74	8,28 ± 0,59	2,57 ± 0,08	0,9192 ± 0,0109	26,50 ± 0,12
14	0,80 ± 0,01	6,49 ± 0,05	7,58 ± 0,39	9,50 ± 0,54	2,37 ± 0,10	0,9353 ± 0,0021	26,77 ± 0,04
15	0,76 ± 0,02	6,57 ± 0,05	5,91 ± 0,61	7,15 ± 0,64	2,50 ± 0,17	0,9182 ± 0,0060	28,85 ± 0,71
16	0,78 ± 0,01	6,60 ± 0,01	6,96 ± 2,26	9,37 ± 0,71	2,43 ± 0,06	0,9030 ± 0,0455	27,20 ± 0,06
17	0,75 ± 0,01	6,66 ± 0,01	5,80 ± 0,40	7,22 ± 0,45	2,47 ± 0,08	0,9109 ± 0,0093	29,05 ± 0,17
18	0,76 ± 0,01	6,48 ± 0,04	5,99 ± 2,08	8,17 ± 0,95	2,46 ± 0,15	0,9345 ± 0,0056	26,28 ± 3,38
Padrão	0,89 ± 0,03	6,26 ± 0,03	10,41 ± 1,48	12,58 ± 1,74	2,77 ± 0,22	0,9223 ± 0,0110	22,25 ± 0,05

Figura 5.1 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre a gravidade específica e a firmeza



O volume específico dos bolos foi influenciado pelo termo linear do óleo de café ($\beta_3 = -0,11$ e $p = 0,071$). No entanto, somente 54,75 % das respostas são explicadas pela ANOVA. Os valores de volume específico para os ensaios variaram entre 1,81 e 2,72 $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, sendo inferiores a amostra padrão (2,77 $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$).

Os valores de atividade de água foram obtidos entre 0,8898 e 0,9443 para os ensaios e a padrão apresentou valor de 0,9223. Observou-se uma influência na redução da atividade de água com o uso do café torrado moído ($\beta_1 = -0,0076$ e $p = 0,064$) e pela interação entre o extrato de café e o óleo de café ($\beta_{23} = -0,0095$ e $p = 0,073$). No entanto, somente 62,97 % das respostas obtidas nos ensaios são explicadas pela ANOVA. As interações entre os componentes dos alimentos explicam estes efeitos significativos. O café torrado moído apresenta uma grande quantidade de fibras alimentares, promovendo a formação de ligações de hidrogênio com a água, assim como os sólidos solúveis do extrato de café (DAMODARAN; PARKIN, 2017), resultando na diminuição da atividade de água presente nos bolos. No caso do óleo de café, os componentes apolares promovem uma interação hidrofóbica favorecendo o aprisionamento da água, diminuindo a mobilidade deste solvente universal, tornando-a menos disponível (WONG, 2018).

O efeito observado pela atividade de água é reflexo direto da umidade dos bolos. Observou-se que a umidade dos ensaios variou entre 24,08 e 31,07 %, sendo que a amostra padrão apresentou um teor de umidade de 22,25 %. Os termos lineares do café torrado moído ($\beta_1 = -0,84$ e $p = 0,026$) e do extrato de café ($\beta_2 = 0,61$ e $p = 0,082$), o termo quadrático do café torrado moído ($\beta_{11} = -0,069$ e $p = 0,064$) e a interação entre o café torrado moído e o óleo de café ($\beta_{13} = -1,22$ e $p = 0,016$) apresentaram efeitos estatisticamente significativos. No entanto, a ANOVA explicou somente 79,21 % dos resultados experimentais, impossibilitando a geração das curvas de contorno.

Observando os dados das Tabela 5.4 e 5.5, verificou-se que os parâmetros colorimétricos significativos foram: L^* , b^* e ΔE , do miolo; L^* , a^* , b^* , ΔE da crosta. Sendo assim, foram gerados os gráficos da curva de contorno, Figuras 5.2 a 5.5, para as repostas significativas, permitindo avaliar os efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes.

Tabela 5.4 - Resultado das análises físico-químicas da cor instrumental do miolo e da crosta

Ensaio	Miolo				Crosta			
	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	ΔE^*	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	ΔE^*
1	40,92 ± 1,45	5,99 ± 0,20	16,47 ± 0,52	37,67 ± 1,75	35,32 ± 0,54	8,58 ± 1,01	16,29 ± 1,69	23,04 ± 1,20
2	25,35 ± 0,39	4,38 ± 0,04	6,91 ± 0,13	55,25 ± 0,36	22,72 ± 0,48	3,94 ± 0,16	4,16 ± 0,41	41,07 ± 0,63
3	41,18 ± 0,87	6,39 ± 0,12	16,85 ± 0,40	37,36 ± 0,91	37,18 ± 0,27	9,14 ± 0,76	17,65 ± 0,67	20,65 ± 0,69
4	26,03 ± 0,55	4,46 ± 0,23	6,91 ± 0,45	54,63 ± 0,66	23,81 ± 1,24	3,74 ± 0,38	4,10 ± 0,42	40,39 ± 1,22
5	39,36 ± 0,28	5,99 ± 0,13	16,06 ± 0,06	39,25 ± 0,28	36,43 ± 0,51	9,52 ± 0,25	17,91 ± 0,56	20,94 ± 0,71
6	27,82 ± 1,61	4,70 ± 0,24	8,48 ± 0,81	52,43 ± 1,77	25,94 ± 0,77	4,49 ± 0,49	6,34 ± 0,90	37,23 ± 1,25
7	62,56 ± 0,70	4,65 ± 0,07	22,58 ± 0,18	15,25 ± 0,68	53,11 ± 1,15	10,37 ± 0,13	27,71 ± 0,35	5,72 ± 0,13
8	24,57 ± 0,47	4,91 ± 0,23	7,29 ± 1,09	55,89 ± 0,79	23,64 ± 0,99	4,84 ± 0,27	6,00 ± 0,23	39,00 ± 0,92
9	62,64 ± 0,53	4,72 ± 0,03	22,61 ± 0,09	15,17 ± 0,52	52,30 ± 0,49	10,10 ± 0,52	27,03 ± 0,02	6,16 ± 0,42
10	23,09 ± 0,88	3,40 ± 0,19	4,75 ± 0,48	58,10 ± 0,81	23,61 ± 0,26	3,56 ± 0,02	3,69 ± 0,24	40,85 ± 0,32
11	30,63 ± 1,03	5,16 ± 0,43	9,62 ± 1,09	49,44 ± 0,73	28,46 ± 1,71	5,29 ± 0,42	8,07 ± 0,38	34,12 ± 0,83
12	30,75 ± 0,36	5,77 ± 0,09	11,55 ± 0,22	48,73 ± 0,34	28,07 ± 1,81	6,23 ± 0,37	8,91 ± 0,54	51,00 ± 1,69
13	32,63 ± 0,92	4,87 ± 0,13	8,92 ± 0,36	47,79 ± 0,73	32,37 ± 0,92	4,67 ± 0,39	6,74 ± 0,63	32,65 ± 1,12
14	31,03 ± 1,11	5,50 ± 0,09	10,41 ± 0,06	48,81 ± 1,02	27,56 ± 1,57	5,92 ± 0,43	8,68 ± 0,80	34,17 ± 1,63
15	32,88 ± 0,96	4,88 ± 0,14	9,03 ± 0,40	47,52 ± 0,93	30,93 ± 0,44	4,69 ± 0,53	7,13 ± 1,07	33,27 ± 0,95
16	30,46 ± 0,24	5,50 ± 0,09	10,47 ± 0,06	49,34 ± 0,23	29,09 ± 0,59	6,68 ± 0,26	9,34 ± 0,30	32,43 ± 0,62
17	32,79 ± 1,05	4,93 ± 0,02	9,08 ± 0,16	47,59 ± 1,03	31,66 ± 0,74	5,10 ± 0,64	7,71 ± 1,17	32,26 ± 1,42
18	31,29 ± 0,16	5,80 ± 0,15	11,46 ± 0,35	48,26 ± 0,24	29,17 ± 1,18	7,23 ± 0,21	10,57 ± 1,06	31,45 ± 1,51
Padrão	76,90 ± 0,25	1,39 ± 0,20	26,56 ± 0,39	-	52,22 ± 3,53	15,23 ± 0,50	30,42 ± 2,33	-

Figura 5.2 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre os parâmetros L^* e b^* do miolo

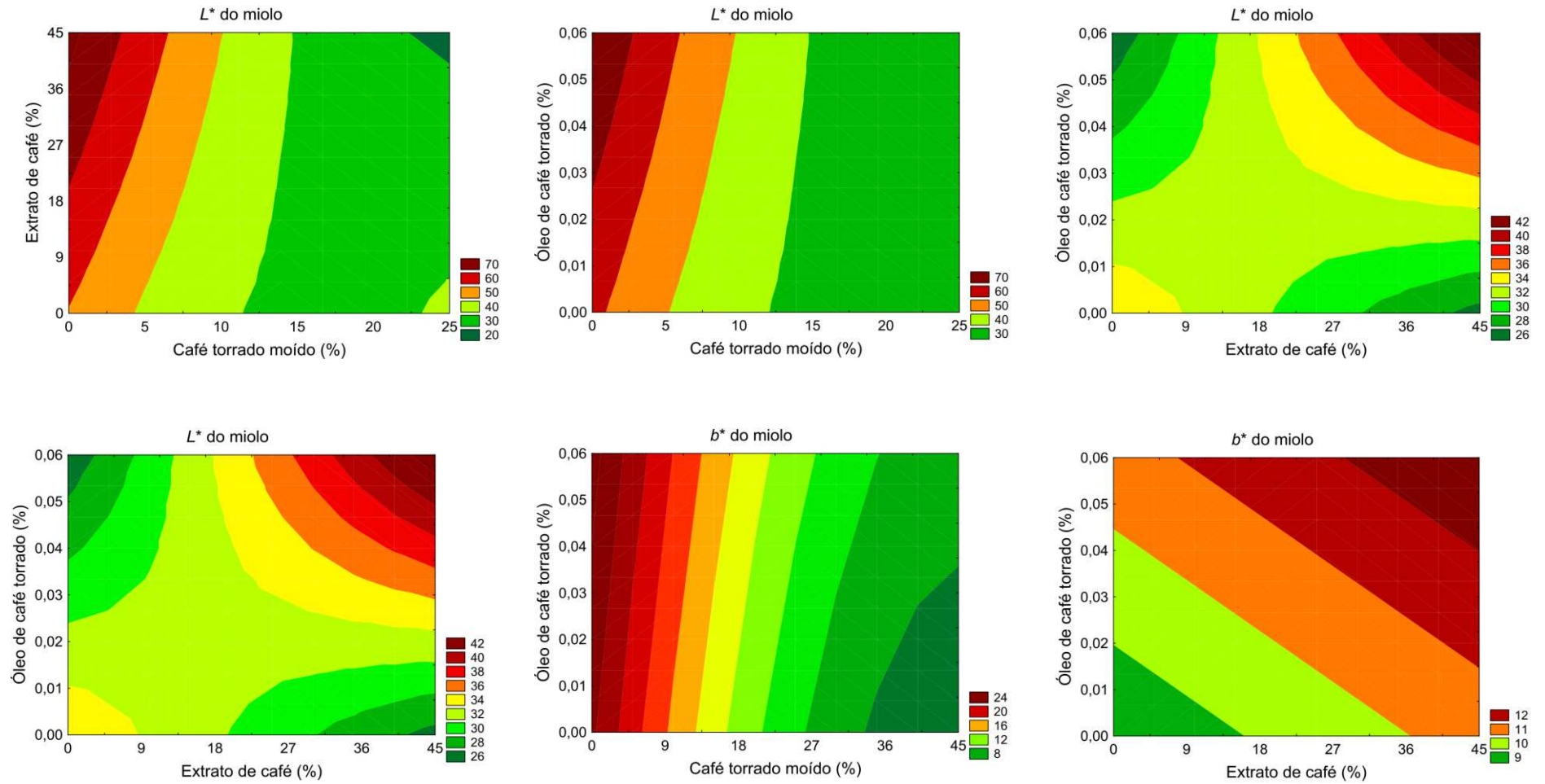


Figura 5.3 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre os parâmetros delta E do miolo e L^* da crosta

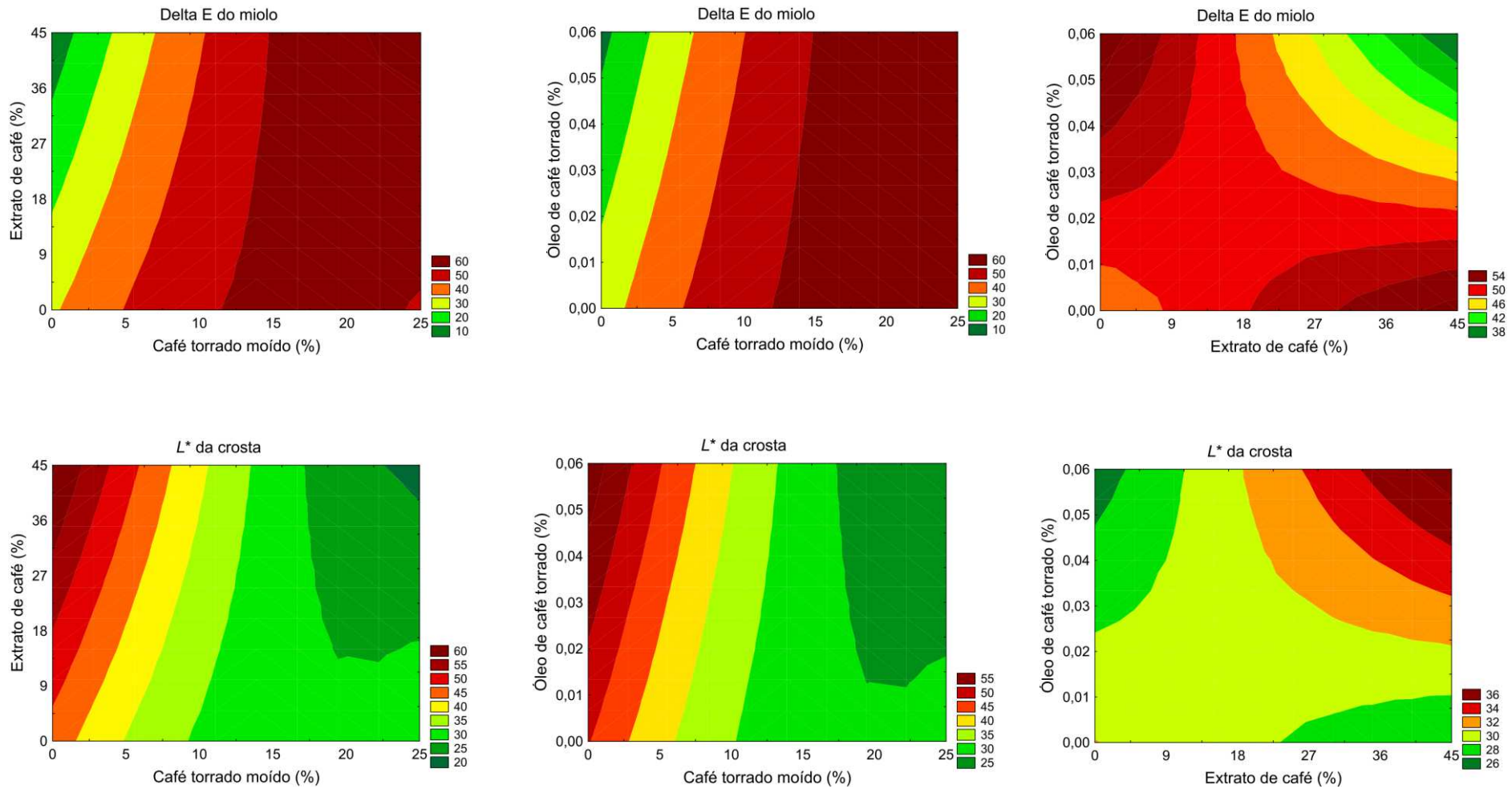


Figura 5.4 - Curvas de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre os parâmetros b^* e delta E da crosta

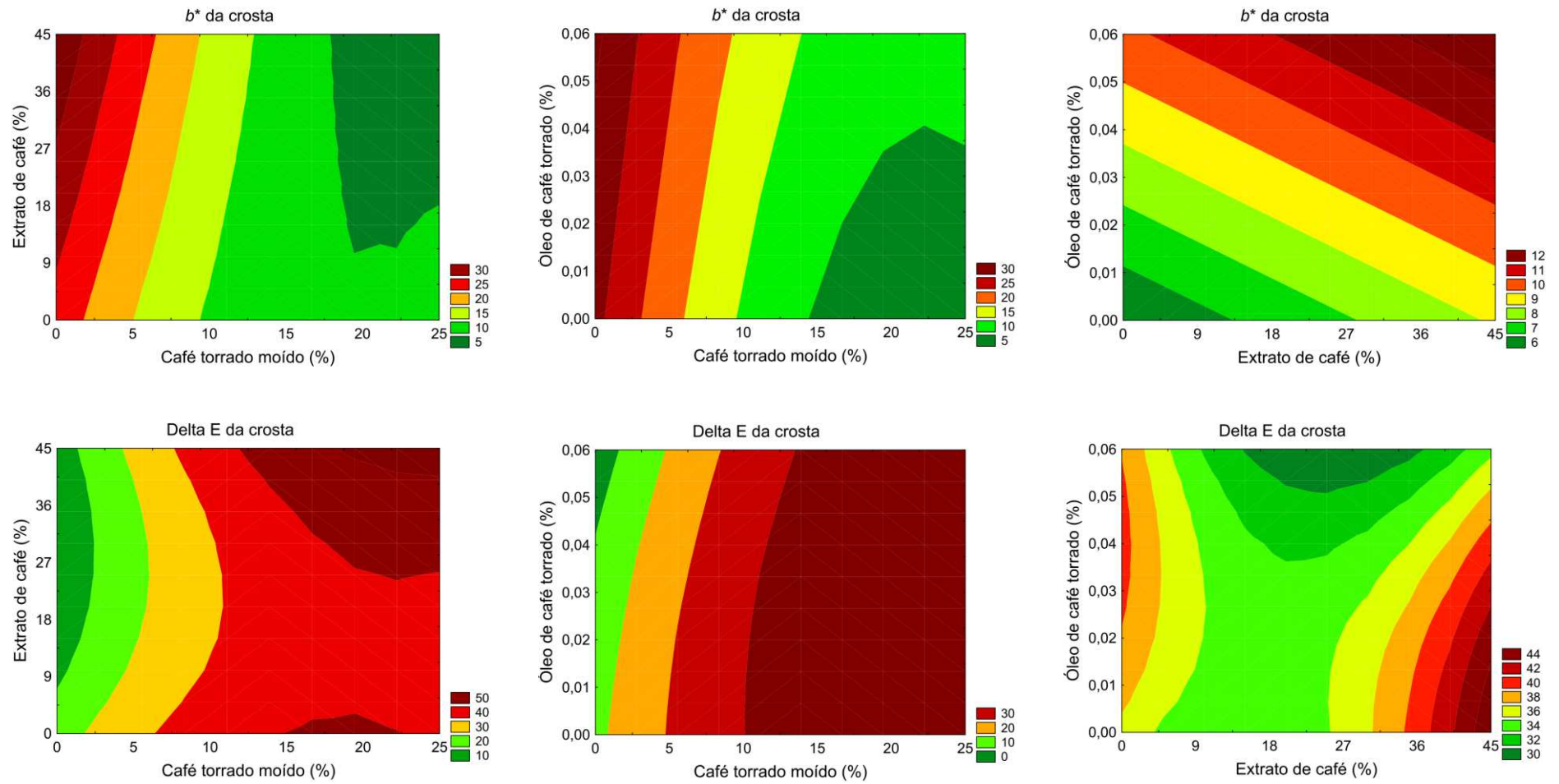
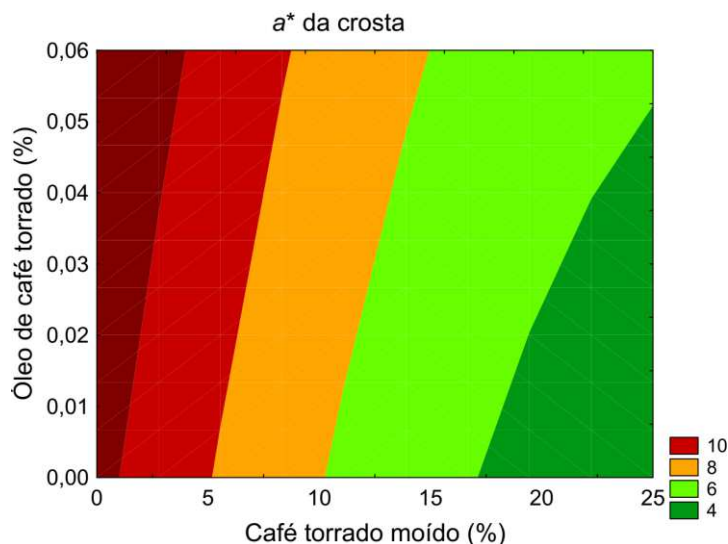


Figura 5.5 - Curva de contorno com os efeitos das variáveis independentes sobre o parâmetro a^* da crosta



Os valores de luminosidade variaram entre 23,09 e 62,64 para o miolo e entre 22,72 e 53,11 para a crosta, enquanto que o valor de L^* para o padrão foi de 76,90 (miolo) e 52,22 (crosta). Em ambos os casos o maior efeito no escurecimento das amostras foi proporcionado pelo termo linear do café torrado moído ($\beta_1 = -10,75$ para o miolo e $\beta_1 = -8,36$ para a crosta).

Em geral, percebeu-se que a redução nos valores de L^* foi maior para o miolo do que para a crosta, pois o bolo padrão apresentou valores de luminosidade menores na crosta, em relação ao miolo. Este efeito é resultado da temperatura de forneamento, onde a crosta sofre maior desidratação em função do maior aquecimento na camada superficial, favorecendo a caramelização e a reação de *Maillard*.

O parâmetro de luminosidade (L^*) possui escala que varia de preto = 0 a branco = 100 (GIESE, 2000). As amostras com maiores proporções das variáveis independentes (café torrado moído, extrato de café e óleo de café torrado) obtiveram menores valores de L^* (Figuras 5.2 e 5.3). Resultado já esperado, pois a luminosidade, é obtida através da reflectância da luz; a adição de café à massa do bolo, causa escurecimento da mesma. Uma vez, que o café torrado possui pigmentação escura.

O valor de a^* está compreendido na faixa de verde (-60) ao vermelho (+60) (GIESE, 2000), sendo um parâmetro interessante para o estudo do escurecimento, pois a coloração marrom, resultante da degradação dos açúcares, representa uma combinação de

verde e vermelho. Os valores para o parâmetro a^* da cor instrumental variaram entre 3,40 e 6,39 para o miolo e entre 3,94 e 10,37 para a crosta. Observou-se que os termos linear ($\beta_1 = -0,50$ e $p = 0,006$) e quadrático ($\beta_{11} = 0,37$ e $p = 0,031$) do café torrado moído foram estatisticamente significativos sobre a tonalidade de a^* para o miolo. No entanto, a ANOVA indicou que somente 78,06 % dos valores experimentais podem ser preditos pelo modelo matemático e, desta forma, não foi possível gerar as curvas de contorno. Entretanto, para a crosta, verificou-se que o maior efeito para diminuição da tonalidade de a^* foi proporcionada pelo termo linear ($\beta_1 = -2,31$) do café torrado moído. Nesse estudo, pode ser observado que o valor de a^* da crosta do padrão foi superior (15,23) as demais formulações adicionadas de café, enquanto para o miolo o valor de a^* foi o menor (1,39) (Tabela 5.4 e Figura 5.5.4).

O parâmetro b^* está compreendido na faixa de azul (-) ao amarelo (+) (GIESE, 2000). Assim, amostras com forte coloração amarela (por exemplo a padrão), fornecerão valores mais elevados para b^* . Para este parâmetro foram obtidos valores que variaram entre 4,75 e 22,61 para o miolo e entre 3,69 e 27,71 para a crosta. Os modelos matemáticos explicam os dados experimentais em 94,65 % para o miolo e 93,87 % para a crosta, possibilitando a geração das curvas de contorno. Observou-se que os maiores efeitos na diminuição do valor de b^* do miolo foram proporcionadas pelo café torrado moído ($\beta_1 = -5,30$) e pela interação deste com extrato de café ($\beta_{12} = -1,01$). Efeito semelhante foi observado no decréscimo dos valores de b^* da crosta, no entanto com maior intensidade pelo termo linear do café torrado moído ($\beta_1 = -8,36$). As formulações com menores valores de café torrado moído e maiores valores de extrato, possuem tendência de aumentar a coloração amarela (maior valor de b^*) (Figuras 5.2 e 5.4). Maiores teores do óleo de café torrado, contribuíram para diminuir o valor de b^* , porém em proporções menores.

O delta E foi calculado para indicar a magnitude da diferença total de cor entre as demais formulações e a padrão. Podendo ser verificado que as formulações com teores mais elevados de café torrado moído e extrato de café forneceram coloração mais escuras, ou seja, com valor de delta E mais elevado (Figuras 5.3 e 5.4). A cor é um parâmetro crítico dos alimentos, estando diretamente relacionada a qualidade do mesmo (GIESE, 2000). Porém, nesse estudo a diferença da cor não foi um parâmetro de extrema relevância pré-estabelecido, uma vez que a adição de café torrado moído, principalmente, fornece um bolo de coloração mais escura à massa e ao bolo, devido à pigmentação acentuada do mesmo. Lima, Area e Deliza (2018) sugerem que alterações em formulações que promovam impacto sensorial

drástico devem ser realizadas de forma lenta e gradual, de modo que a memória sensorial dos consumidores seja alterada aos poucos.

5.3.2 Otimização da formulação do bolo e validação dos modelos matemáticos

A partir dos modelos de regressão aplicados (item 5.2.8), verificou-se que, para a massa, foi significativa apenas a análise de GE. Para o bolo, a firmeza e a cor instrumental obtiveram diferença significativa. Na Tabela 5.5 estão os modelos matemáticos das variáveis dependentes das análises do bolo que foram estatisticamente significativas ($p < 10$) e $R^2 \geq 0,80$.

Observando o modelo matemático (Tabela 5.5) foi possível verificar quais variáveis mais influenciaram nas respostas. Para a gravidade específica, percebeu-se que a interação extrato de café, com óleo de café torrado foram as variáveis de maior influência para diminuir o valor desse parâmetro. Para as demais variáveis dependentes (L^* , b^* , e Delta E do miolo; L^* , a^* , b^* e Delta E da crosta; e firmeza), pode ser observado que o café torrado moído teve maior influência sobre as repostas.

Assim, através da função desejabilidade, dando as devidas importâncias (que variam de 1 a 5) às variáveis dependentes e independentes, de acordo com a influência das mesmas sobre o bolo, foi possível otimizar duas formulações denominadas de ponto ótimo 1 (PO1) e ponto ótimo 2 (PO2) (Tabela 5.6), com probabilidades de sucesso de 0,89 e 0,97 (Tabela 5.7).

Tabela 5.5 - Modelos matemáticos preditivos para as variáveis dependentes das análises da massa e dos bolos que foram estatisticamente significativas ($p \leq 0,10$, $R^2 \geq 0,80$)

Variável dependente	Modelo matemático	R ²	p-valor
Gravidade específica (cm ³ .g ⁻¹)	$0,76 - 0,01x_1 - 0,01x_2 + 0,01x_3 + 0,01x_3^2 - 0,01x_1x_3 - 0,02x_2x_3$	0,8055	0,002
<i>L</i> * do miolo	$31,69 - 10,75x_1 + 1,54x_2 + 1,33x_3 + 4,07x_1^2 - 3,25x_1x_2 - 2,35x_1x_3 + 2,38x_2x_3$	0,9269	<0,001
<i>b</i> * do miolo	$10,51 - 5,30x_1 + 0,65x_2 + 0,72x_3 + 1,48x_1^2 - 1,01x_1x_2$	0,9465	<0,001
Delta E do miolo	$48,17 + 11,78x_1 - 1,66x_2 - 1,49x_3 - 4,29x_1^2 + 3,39x_1x_2 + 2,37x_1x_3 - 2,45x_2x_3$	0,8916	<0,001
<i>L</i> * da crosta	$29,55 - 8,36x_1 + 1,22x_2 + 0,88x_3 + 2,89x_1^2 - 2,47x_1x_2 - 1,75x_1x_3 + 1,43x_2x_3$	0,9075	<0,001
<i>a</i> * da crosta	$5,97 - 2,32x_1 + 0,43x_3 + 0,49x_1^2$	0,8924	0,000
<i>b</i> * da crosta	$8,95 - 7,19x_1 + 0,89x_2 + 1,39x_3 + 2,70x_1^2 - 1,45x_1x_2$	0,9387	<0,001
Delta E da crosta	$32,59 + 10,67x_1 + 0,87x_2 - 1,45x_3 - 4,16x_1^2 + 2,59x_2^2 - 0,65x_3^2 + 2,34x_1x_2 + 1,48x_1x_3 - 1,30x_2x_3$	0,8708	0,010
Firmeza (N)	$6,14 + 1,37x_1 + 0,39x_3 + 0,94x_1^2 + 0,38x_2^2 + 0,48x_3^2 - 0,87x_2x_3$	0,8383	0,001

x_1 = café torrado moído (%); x_2 = extrato de café (%); x_3 = óleo de café torrado.

Tabela 5.6- Quantidades dos ingredientes utilizados nas formulações padrão e otimizadas em relação a base farinha de trigo

Ingredientes	Formulação		
	Padrão	PO1	PO2
X ₁ – Café torrado moído (%)	0	17,8	10
X ₂ – Extrato de café (%)	0	45	45
X ₃ – Óleo de café (mL)	0	0,2	0,2
Farinha de trigo (%)	100	82,2	90
Gordura vegetal hidrogenada (%)	40	40	40
Ovo in natura (%)	50	50	50
Água (%)	45	0	0
Sacarose (%)	58,8	58,8	58,8
Fermento químico (%)	2,5	2,5	2,5
Emulsificante (%)	0,5	0,5	0,5

Verificou-se que os melhores resultados de validação foram encontrados para o ponto ótimo 1, principalmente pelos baixos valores de desvio padrão relativo para a gravidade específica e a firmeza do miolo. Para os valores de cor instrumental podemos inferir que os modelos matemáticos não predizem as características do produto final. Este fato pode estar atribuído ao forno utilizado, o que é um grande problema para as pesquisas que utilizam fornos elétricos domésticos, resultando em uma má distribuição do calor dentro do equipamento, interferindo diretamente na coloração. Acreditamos que com o uso de um forno industrial, com circulação forçada do calor possa garantir uma melhor uniformidade de distribuição do calor, resultando em produtos com maior uniformidade.

Tabela 5.7 - Análise da desejabilidade para se obter os parâmetros físico químicos na massa e no bolo

Parâmetro	Objetivo	Importância	Valor predito	Valor experimental	Desvio relativo (%)
Ponto ótimo 1					
X ₁	Máximo	5	0,712		
X ₂	Máximo	5	1,68		
X ₃	Máximo	5	1,68		
Gravidade específica (cm ³ .g ⁻¹)	Mínima	5	0,73	0,74 ± 0,02	1,60
L* (miolo)	Dentro da faixa	3	30,94	38,93 ± 1,64	25,83
b* (miolo)	Dentro da faixa	3	8,58	2,95 ± 0,13	-65,62
ΔE (miolo)	Dentro da faixa	3	49,07	44,78 ± 1,40	-8,73
L* (crosta)	Dentro da faixa	3	27,58	38,55 ± 1,39	39,78
a* (crosta)	Dentro da faixa	3	5,29	1,70 ± 0,17	-67,86
b* (crosta)	Dentro da faixa	3	7,30	1,78 ± 0,21	-75,60
ΔE (crosta)	Dentro da faixa		43,48	34,52 ± 0,62	-20,61
Firmeza (N)	Mínima	5	8,22	7,92 ± 1,07	-3,64
Desejabilidade			0,89		
Ponto ótimo 2					
X ₁	Dentro da faixa	3	-0,331		
X ₂	Máxima	5	1,68		
X ₃	Máxima	5	1,68		
Gravidade específica (cm ³ .g ⁻¹)	Mínima	5	0,73	0,75 ± 0,01	2,27
L* (miolo)	Dentro da faixa	3	50,35	40,55 ± 0,09	-19,46
b* (miolo)	Dentro da faixa	3	15,29	5,56 ± 0,05	-63,64
ΔE (miolo)	Dentro da faixa	3	28,39	42,88 ± 0,71	51,03
L* (crosta)	Dentro da faixa	3	42,54	39,90 ± 0,23	-6,22
a* (crosta)	Dentro da faixa	3	7,51	3,42 ± 0,10	-54,48
b* (crosta)	Dentro da faixa	3	16,26	4,66 ± 0,20	-71,34
ΔE (crosta)	Dentro da faixa	3	27,31	30,90 ± 0,30	13,14
Firmeza (N)	Mínima	5	6,42	8,71 ± 0,77	35,74
Desejabilidade			0,97		

X₁ = café torrado moído; X₂ = extrato de café; X₃ = óleo de café torrado.

5.3.3 Caracterização físico-química do bolo padrão e dos pontos otimizados

Na Tabela 5.8 estão apresentados os resultados para a caracterização das formulações otimizadas e do padrão.

Tabela 5.8 - Caracterização dos parâmetros de qualidade e análise centesimal da formulação padrão e dos pontos ótimos (PO)

Análise	Formulação		
	Padrão	PO1	PO2
Gravidade específica (cm ³ .g ⁻¹)	0,80 ± 0,03 ^a	0,74 ± 0,02 ^b	0,75 ± 0,01 ^b
Firmeza (N)	10,41 ± 1,48 ^{ns}	7,92 ± 1,07 ^{ns}	8,71 ± 0,77 ^{ns}
L* do miolo	76,91 ± 0,20 ^a	38,93 ± 1,64 ^b	40,55 ± 0,09 ^b
b* do miolo	26,56 ± 0,39 ^a	2,95 ± 0,13 ^b	5,56 ± 0,05 ^c
Delta E do miolo	-	44,78 ± 1,40 ^{ns}	42,88 ± 0,71 ^{ns}
L* da crosta	52,22 ± 3,53 ^a	38,55 ± 1,39 ^b	39,90 ± 0,23 ^b
a* da crosta	15,22 ± 0,50 ^a	1,70 ± 0,17 ^b	3,42 ± 0,10 ^c
b* da crosta	30,42 ± 2,33 ^a	1,78 ± 0,21 ^b	4,66 ± 0,20 ^b
Delta E da crosta	-	34,52 ± 0,62 ^a	30,90 ± 0,30 ^b
Atividade de água	0,9223 ± 0,01 ^{ns}	0,9359 ± 0,01 ^{ns}	0,9359 ± 0,01 ^{ns}
Teor de cinzas (%)	0,90 ± 0,01 ^b	1,12 ± 0,05 ^a	1,07 ± 0,02 ^a
Teor de umidade (%)	24,23 ± 0,16 ^b	26,12 ± 0,09 ^a	26,17 ± 0,19 ^a
Teor de lipídeos (%)	16,87 ± 0,13 ^b	17,45 ± 0,11 ^a	17,38 ± 0,06 ^a
Teor de proteínas (%)	7,03 ± 0,02 ^b	7,45 ± 0,08 ^a	7,30 ± 0,27 ^{ab}
Carboidratos digeríveis (%)	47,74 ± 0,73 ^a	43,10 ± 2,01 ^b	44,19 ± 0,70 ^{ab}
Fibras alimentares [#] (%)	3,23 ± 0,21 ^c	4,76 ± 0,47 ^a	3,79 ± 0,25 ^b
Cafeína (mg/100 g)	não detectada	61,13 ± 5,24 ^{ns}	56,34 ± 5,48 ^{ns}

[#]Fibras alimentares - desvio padrão calculado por erro de propagação. Média ± desvio padrão. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5 % de significância. Ns = não significativo.

Para as análises físico-químicas foi verificado que a gravidade específica teve diferença significativa, onde há valores que proporcionam massas mais aeradas e de melhor qualidade tecnológica para as formulações otimizadas, indicando que a adição de café ao bolo pode trazer características desejável ao mesmo pois, menores valores de gravidade específica podem contribuir para melhor volume e textura do produto. A análise da firmeza não foi significativa, mas pode-se perceber que as formulações otimizadas obtiveram uma tendência mais macia em relação à padrão, podendo inferir que esses resultados são favoráveis as

formulações otimizadas, pois menores valores desses atributos resultam em bolos mais macios, com textura que agradam mais ao paladar.

Para as análises colorimétricas, todas as análises dos PO1 e PO2 diferiram estatisticamente do padrão, resultado esperado devido à pigmentação marcante do café. O PO1 apresentou-se mais escuro que o PO2 e ambos diferiram estatisticamente do padrão.

A diferença entre a atividade de água não foi significativa. Pode-se observar que houve um aumento significativo no teor de cinzas, lipídeos e umidade das formulações otimizadas em relação ao padrão. Enquanto, para os carboidratos digeríveis houve redução significativa para o ponto ótimo 1 em relação ao padrão. Para as fibras alimentares, o resultado foi significativo para o padrão e para as formulações otimizadas, sendo que o PO1, forneceu maior teor de fibras alimentares. A recomendação diária de fibra alimentar é de 25 g (Brasil, 2008), o PO1, fornece 19,04% desta recomendação. Em relação ao teor de cafeína não houve diferença entre os pontos otimizados e na formulação padrão não foi identificada quantidade deste composto. Considerando a recomendação de uma ingestão máxima de 200 mg de cafeína por dia (SANCHIS *et al.*, 2020), uma porção de bolo (que corresponde a 50 gramas, aproximadamente 1 muffin) fornecerá entre 10 a 15 % desta recomendação. No entanto, precisa ser levado em consideração o perfil do consumidor em relação a atividade física executada diariamente (KUMAR *et al.*, 2015).

Assim, foram obtidas formulações de bolos tipo muffin de valor nutricional significativamente superior em relação a padrão. Já era esperado maior valor do teor de cinzas, lipídeos, carboidratos digeríveis, fibras alimentares e cafeína, que a padrão, uma vez que o café torrado moído, possui maior quantidade desses compostos que a farinha de trigo. O bolo tipo muffin com maior teor de fibra pode ser uma eficiente maneira de aumentar a ingestão desse composto. Além dos benefícios para a saúde, como seus efeitos benéficos na redução de doenças coronárias, níveis de colesterol, incidência de diabetes e risco de cólon câncer, a fibra alimentar também é um constituinte importante devido às suas propriedades funcionais. Pode ser usado para modificar a consistência, textura e sensorial características dos produtos alimentícios suplementados com fibra (AYDOGDU; SUMNU; SAHIN, 2018; SEVERINI, *et al.*, 2020). Em relação a cafeína, dentre os efeitos causados pelo consumo da mesma, em quantidades moderadas (50-300 mg), tem-se a melhora na performance cognitiva e psicomotora do consumidor, como melhor estado de alerta, capacidade de concentração, energia, desempenho de tarefas simples, tempo de retenção visual, diminuição da sonolência e do cansaço e vigilância auditiva (NEHLIG, 2004).

Para análise de porosidade (estrutura aveolar) do miolo do bolo padrão e formulações otimizadas foram avaliados os parâmetros: número de alvéolos, área, circularidade, área total da fatia, tamanho médio e área dos alvéolos. Conforme pode ser verificado na Tabela 5.9, para os parâmetros da estrutura alveolar analisados, somente o número de alvéolos foi significativo estatisticamente para a formulação padrão e o PO2.

Tabela 5.9 - Parâmetros de porosidade (estrutura alveolar) das formulações padrão e otimizadas

Parâmetro	Formulação		
	Padrão	PO1	PO2
Número de alvéolos	2129,00 ± 336,83 ^a	2010,25 ± 222,66 ^{ab}	1490,50 ± 280,95 ^b
Circularidade (mm)	0,78 ± 0,03 ^{ns}	0,78 ± 0,01 ^{ns}	0,79 ± 0,04 ^{ns}
Área total da fatia (mm ²)	309,84 ± 37,65 ^{ns}	356,3035 ± 11,92 ^{ns}	302,48 ± 119,10 ^{ns}
Tamanho médio dos alvéolos (mm)	0,15 ± 0,04 ^{ns}	0,18 ± 0,02 ^{ns}	0,21 ± 0,10 ^{ns}
Área dos alvéolos (%)	40,86 ± 6,06 ^{ns}	51,76 ± 4,14 ^{ns}	53,58 ± 8,87 ^{ns}

Média ± desvio padrão. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si através do Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A estrutura do miolo é baseada principalmente no número e tamanho dos alvéolos; é desejável que um bolo apresente alvéolos abundantes, finos e distribuídos de maneira uniforme, o que trará menor firmeza. Os parâmetros circularidade, área total da fatia, tamanho médio dos alvéolos e área dos alvéolos, não foram significativos. Quanto mais próximo de 1 o valor de circularidade e mais arredondado for o alvéolo, maior será a força necessária para deformar a estrutura cilíndrica do mesmo e conseqüentemente, menor será a força para deformar o miolo do bolo. A área total da fatia, está relacionada com o volume específico. Pode-se perceber que das 18 formulações elaborados pelo DCCR e a padrão não obtiveram volume específico significativo, dessa forma, esse parâmetro não entrou na otimização. A área total da fatia, está relacionada com a área dos alvéolos, por isso, é desejável valor mais alto. Enquanto a porcentagem de área, representa a área dos alvéolos da área total da fatia (SILVEIRA; CARDOSO; SCHMIELE, 2019; TASIGUANO *et al.*, 2019).

A diferença significativa que ocorreu entre formulações padrão e o PO2 para o número de alvéolos pode ser explicada pela colalescência. Esse fenômeno ocorre devido à instabilidade de uma massa em relação a junção de diversas células de ar pequenas e resultando em células maiores. Caso haja bolhas de maior tamanho e distribuição não uniforme, as bolhas de ar menores tendem a se unirem as maiores, formando bolhas de ar

maiores ainda. Tais bolhas tem tendência a subirem para superfície e se desprenderem para a atmosfera. Este comportamento promove a perda de gás, resultando em bolos de menor volume. Outro fator importante para evitar maiores perda de gás é não demorar muito para levar a massa ao forno (HOSENEY, 1998).

A diferença significativa no número de alvéolos entre a formulação padrão e o PO2 pode ter ocorrido devido à presença de fibras no café; apesar de que há relatos contraditórios na literatura sobre a interferência da fibra na redução do volume dos produtos, pois, nos estudos mencionados, diferentes ingredientes podem afetar a quantidade de núcleos de ar aprisionados na massa em modalidades diferentes. Nesse estudo pode ser observado uma redução na gravidade específica em relação ao padrão para as formulações adicionadas de café. Porém, embora menor valor de gravidade específica indique maior número de núcleos gasosos na massa (o que implica em maior volume) o aumento da viscosidade pode razoavelmente reduzir a capacidade de crescimento desses núcleos de gás durante o cozimento. Além disso, a água possui alta capacidade de se ligar a fibra, causando atraso na gelatinização do amido durante a cocção o que pode favorecer o volume do bolo (SEVERINI *et al.*, 2020).

5.4 Conclusão

A adição de diferentes proporções das variáveis independentes: café torrado moído, extrato de café e óleo de café na massa do bolo tipo muffin foi significativa para as variáveis dependentes: gravidade específica na massa e firmeza; L^* , b^* e ΔE^* , do miolo; L^* , a^* , b^* e ΔE^* da crosta dos bolos. Proporções mais elevadas dessas variáveis independentes na massa do bolo favoreceram a diminuição da gravidade específica, resultando em uma massa mais macia, ou seja, de menor firmeza. Para análise instrumental de cor, os derivados do café forneceram valores mais baixos de L^* e b^* , para proporções mais elevadas das variáveis independentes adicionados à massa do bolo. Através da função desejabilidade, considerando uma massa aerada (baixos valores de gravidade específica) e menor firmeza do miolo, foram otimizadas duas formulações, sendo os melhores resultados obtidos com uso de 17,8 % de café torrado moído em substituição à farinha de trigo, 45 % de extrato de café e 0,2 % de óleo de café. As análises físico-químicas forneceram menores valor de gravidade específica e firmeza das formulações otimizadas em relação a padrão, indicando que o café torrado moído, o extrato de café e o óleo de café são uma alternativa interessante como ingrediente alimentar.

Na análise de porosidade (número de alvéolos, área, circularidade, área total, tamanho médio e área), o único parâmetro que resultou em diferença significativa, em relação a padrão, foi o número de alvéolos. A adição de café torrado moído, extrato de café e óleo de café torrado pode ser recomendada como potenciais ingredientes na indústria de panificação, pois nesse estudo, foi possível adquirir um produto com características físico-químicas desejáveis a partir da adição destes compostos como ingredientes.

5.5 Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Instituto de Ciência e Tecnologia pelo suporte institucional e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior pelo suporte financeiro (código de financiamento 001 e pela bolsa de estudos de S. J. M. Silva (protocolo 23038.014292/2018-73).

5.6 Referências

AACCI. American Association of Cereal Chemists International. **Approved methods of the AACC**. 11 ed. Saint Paul: AACC International, 2010.

AOAC. Association of Official Analysis Chemists International. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES E BOLOS INDUSTRIALIZADOS – ABIMAPI. (2019). **Anuário ABIMAPI** Edição 3. São Paulo: ABIMAPI. Disponível e acesso em 23 de junho de 2020: https://www.abimapi.com.br/anuario/01.html#your_book_name/1.

ATEŞ, G.; ELMACI, Y. Physical, chemical and sensory characteristics of fiber-enriched cakes prepared with coffee silverskin as wheat flour substitution. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 13, n. 1, p. 755-763, 2019.

BENNION, E. B. B.; BAMFORD, G. S. T. S. T; BENIN. E. B. G. S. **The technology of cake making**. 6th ed. Bristol: Springer, 2013.

BORGES, M. L. A. *et al.* A. Estudo da variação da coloração de café arábica durante a torra em diferentes condições de aquecimento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 5, p. 3-8, 2002.

CONFORTI, F. D. Cake manufacture. In: ZHOU W.; HUI, Y. **Bakery products: science and technology**, 2 ed. Nova Iorque: Wiley Blackwell, 2014, p. 565–584.

- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5.ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- DA SILVA BORGES, J. T. *et al.* Utilização de farinha mista de trigo e quinoa na elaboração de bolos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 2, 2013.
- DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, v.12, n. 4, p. 214-219, 1980.
- ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012.
- ESTELLER, M. S; AMARAL, R. L.; LANNES, S. C. S. Effect of sugar and Fat Replacers on the Texture of Baked Goods. **Journal of Texture Studies**, v. 35, n. 4, p. 383-393, 2004.
- ESTELLER, M. S.; JÚNIOR, O. Z.; DA SILVA LANNES, S. C. Bolo de" chocolate" produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 447-454, 2006.
- GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Technology**, v. 54, n. 2, p. 62-63, 2000.
- GOSWAMI, D. *et al.* Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. **LWT-Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 374-380, 2015.
- HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. 2 a ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 378p, 1998.
- JU, J. *et al.* Inhibitory effects of cinnamon and clove essential oils on mold growth on baked foods. **Food Chemistry**, v. 240, p. 850-855, 2018.
- KUMAR, N. *et al.* Exercise and caffeine improve sustained attention following fatigue independent of fitness status. **Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior**, v. 3, n. 2, p. 104-121, 2015.
- LIMA, M.; ARES, G.; DELIZA, R. Children and adults' sensory and hedonic perception of added sugar reduction in grape nectar. **Journal of Sensory Studies**, v. 33, n. 2, p. e12317, 2018.
- MAIA, S M. P. C. **Aplicação da Farinha de Maracujá no Processamento do Bolo de Milho e Aveia Para Fins Especiais**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2007.
- MENDES, L. C. **Estudos para determinação das melhores formulações de blends de café arábica (C. arábica) com café robusta (C. canephora Conilon) para uso no setor de cafés torrados e moídos espresso**. 2005. 196p. Tese (doutorado em Tecnologia de alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 195-203, 2000.

MUSSATTO, S. I. *et al.* Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 661, 2011.

NEHLIG, A. **Coffee, Tea, Chocolate, and the Brain**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2004

PAVANELLI, A. P.; CICHELLO, M. S.; PALMA, E. J. Emulsificantes como agentes de aeração em bolos. São Paulo: Oxiteno, 2000.

SILVEIRA, M. P.; CARDOSO, G. P.; SCHMIELE, M. Estimativa de um padrão de identidade e qualidade de pães de forma comerciais. In: Anais da IV Jornada Regional Sudeste de Engenharia de Alimentos. **Anais...Diamantina (MG) UFVJM**, 2019. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/IVJEA/145299-ESTIMATIVA-DE-UM-PADRAO-DE-IDENTIDADE-E-QUALIDADE-DE-PAES-DE-FORMA-COMERCIAIS>>. Acesso em: 16/10/2020.

PYLER, E. J.; GORTON, L. A. **Baking: science & technology, formulation & Production**. 4 ed. Kansas: Sosland Publishing Company, 2009. V. 2. 772 p.

RODRIGUES, R. M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos**. Casa do Pão Editora, 2014.

ROSALES-SOTO, M.U.; POWERS, J. R. ; ALLDREDGE, J. R.. Effect of mixing time, freeze-drying and baking on phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity of raspberry juice during processing of muffins. **Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura** , v. 92, n. 7, p. 1511-1518, 2012.

SANCHIS, C. *et al.* Effects of caffeine intake and exercise intensity on executive and arousal vigilance. **Scientific Reports**, v. 10, 8393, 2020.

SEVERINI, C. *et al.* Reuse of spent espresso coffee as sustainable source of fibre and antioxidants. A map on functional, microstructure and sensory effects of novel enriched muffins. **LWT – Food Science and Technology**, v. 119, 108877, 2020.

SCHMIELE, M. *et al.* Influência da adição de farinha integral de aveia e isolado protéico de soja na qualidade tecnológica de bolo inglês. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (Online)**, v. 29, n. 1, p. 71-82, 2011.

STONE, H.; SIDEL, J. Sensory evaluation practices. **New York**: Academic Press, 1993, 338 p.

TASIGUANO, B. L. *et al.* Efecto del tiempo de Cocción del Zapallo (Cucurbita maxima) y la adición de Glucosa Oxidasa en el Aumento de Almidón Resistente del Pan de Molde. **Información tecnológica**, v. 30, n. 3, p. 167-178, 2019.

TEIXEIRA, L. V. Análise Sensorial Na Indústria De Alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12–21, 2009.

TOCI, A.; FARAH, A.; TRUGO, L. C. Effect of decaffeination using dichloromethane on the chemical composition of arabica and robusta raw and roasted coffees. **Química Nova**, v. 29, n. 5, 2006.

VASUDEVAIAH, A. M. *et al.* Effect of green coffee extract on rheological, physico-sensory and antioxidant properties of bread. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 7, p. 1827-1836, 2017.

WANG, X.; LIM, L. A kinetics and modeling study of coffee roasting under isothermal conditions. **Food and bioprocess technology**, v. 7, n. 3, p. 621-632, 2014.

WONG, D. W.S. **Mechanism and Theory in Food Chemistry**. 2. Ed. Springer International Publishing, Cham, 2018.

ZŁOTEK, U. Antioxidative, potentially anti-inflammatory, and antidiabetic properties, as well as oxidative stability and acceptability, of cakes supplemented with elicited basil. **Food Chemistry**, v. 243, p. 168-174, 2018.

6 CONCLUSÃO GERAL

- Após isolamento dos fungos do bolo tipo muffin foram identificados os fungos dos gêneros: *Trichothecium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*
- Através da análise antifúngica in vitro dos óleos de café cru e torrado foi possível verificar que esses óleos não possuem atividade antifúngica frente aos fungos isolados do bolo.
- Os óleos de café possuem compostos fenólicos, destacando-se o óleo de café torrado, com maior quantidade desse composto.
- Para análise de capacidade antioxidante pelo método DPPH e FRAP, os óleos apresentaram capacidade antioxidante, sendo que para o DPPH não houve diferença significativa e para o FRAP, o óleo de café torrado apresentou maior teor desse composto.
- Após análise físico-química das 18 formulações de bolo tipo muffin elaboradas no DCCR, foi aferido que as variáveis independentes café torrado moído, extrato de café e óleo de café foram significativas para variáveis dependentes: GE na massa e a firmeza; L^* , b^* e ΔE^* , do miolo; L^* , a^* , b^* e ΔE^* da crosta do bolo. Proporções mais elevadas dessas variáveis independentes na massa do bolo favoreceram a diminuição da GE, resultando em uma massa mais macia, ou seja, de menor firmeza. Para análise instrumental de cor, foram fornecidos valores mais baixos L^* e b^* , para proporção mais elevadas das variáveis independentes adicionados a massa do bolo.
- Através da função Desejabilidade principalmente em um bolo de menor firmeza e GE, foram otimizadas duas formulações de bolo adicionados de café.
- As análises físico-químicas forneceram menores valores de GE e firmeza para as formulações otimizadas; fornecendo assim, bolos com características possivelmente mais desejáveis.
- Para análise de alvéolos, o único parâmetro que foi significativo foi o número de alvéolos, esse fato pode ter ocorrido pela coalescência da massa do bolo.
- O café torrado moído, extrato de café e óleo de café torrado, trouxeram características desejáveis ao bolo tipo muffin ao serem adicionados a massa. Assim, pode-se inferir que o café pode ser um ingrediente de potencial para o uso em produtos de panificação.