

XVIII CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR

São Paulo Expo – 13 à 15 de setembro de 2023



PARA A PREPARAÇÃO DO ARTIGO COMPLETO O XVIII CONBRAVA 2023 - BLIND REVIEW

PAPER 63

Resumo

EQUIPAMENTO PARA CONTROLE HIGROSCÓPICO – SECAGEM A FRIO DE CAFÉS (viabilidade da secagem e estocagem combinada de café em câmara fria)

Uma câmara fria foi preparada para receber, estocar café em fruto a granel (preferencialmente café especial), diretamente da lavoura, realizar a secagem lenta e manter o teor de água em aproximadamente 12% durante o período de 3 meses de estocagem, operando a temperaturas resfriadas e em faixas estreitas de umidade relativa com valores reduzidos. O café utilizado foi da variedade Conilon Amarelo 62. O período de redução do teor de água inicial de 54% (b.u.) para 12% (b.u.) foi de 2 meses. Para comparação, utilizou-se café colhido do mesmo lote, seco em terreiro suspenso coberto. O café seco e estocado em câmara fria recebeu nota sensorial de 86,41, enquanto que o café seco em terreiro suspenso obteve nota sensorial de 84,16. O café seco e estocado em câmara fria também apresentou maior conteúdo energético. A análise colorimétrica mostrou que o café seco em terreiro suspenso apresentou maior aproximação da coordenada relacionada com a cor amarela, enquanto que o café seco e estocado em câmara fria apresentou redução da coordenada “a”, o que indica aproximação da cor verde.

Palavras chave: Secagem, estocagem frigorificada, análise sensorial, colorimetria.

Abstract

EFFECT OF SLOW DRYING IN A COLD CHAMBER DURING THE PERIOD OF REFRIGERATED STORAGE ON THE SENSORY, CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF COFFEE

(feasibility of combined coffee drying and storage in cold chamber)

A cold chamber was prepared to receive and store coffee in bulk fruit, directly from the field, carry out slow drying and maintain the water content at approximately 12% during the period of 3 months of storage, operating at cooling temperatures values and at narrow relative humidity range with reduces values. The coffee used was the Conilon Yellow 62 variety. The initial water content reduction period from 54% (b.u.) to 12% (b.u.) was 2 months. For comparison, use coffee harvested from the same batch, dried in a covered suspended terrace. Coffee dried and stored in a cold chamber received a sensory score of 86.41, while coffee dried in a suspended yard obtained a sensory score of 84.16. Coffee dried and stored in a cold chamber also had a higher energy content. The colorimetric analysis showed that the coffee dried in a suspended yard showed greater proximity to the coordinate related to the yellow color, while the coffee dried and stored in a cold chamber showed a reduction in the coordinate "a", which indicates proximity to the green color.

Keywords: Drying, refrigerated storage, sensory analysis, colorimetry.

INTRODUÇÃO

A perda de água de produtos *in natura* estocados em câmaras frias pode resultar em grandes prejuízos, caso não sejam tomadas medidas preventivas para a transferência de massa, a qual está relacionada à baixa pressão de vapor do ar, conferindo condições secantes de baixa umidade relativa (Vieira e Cal_vidal, 1995). Por esse motivo, câmaras utilizadas para estocagem de frutas e hortaliças precisam contar com sistemas de umidificação (Delele et al., 2009).

O que constitui um problema para produtos que precisam ser comercializados com suas características naturais mais próximas o possível do estado de colheita, que é perda lenta e gradual de água durante a estocagem (Tu et al., 2000), pode ser desejável para produtos sensíveis a elevadas taxas de redução do teor de água, como é o caso do café (Borém et al., 2018), e que necessitam de remoção de água para sua conservação e comercialização.

Por ser tratar de um produto termosensível, não são recomendadas temperaturas de secagem superiores a 40 °C para o café, pela ocorrência de danos térmicos às membranas celulares dos grãos, fazendo com que os componentes químicos entrem em contato com enzimas hidrolíticas e oxidativas, afetando as características de cor, sabor e aroma da bebida (Marques et al., 2008; Taveira et al., 2015; Alves et al., 2017; Borém et al., 2018).

Os constituintes voláteis aromáticos presentes nesse tipo de produto são muito sensíveis ao processo de secagem (Clemente et al., 2015; Haile & Kang, 2019; Teshome et al., 2019). A composição dessas substâncias voláteis e as variações nas concentrações de seus constituintes, têm relação direta com o método de secagem e a temperatura empregada (Hossain et al., 2013). Assim, a temperatura relativamente baixa da câmara fria, também representa uma outra vantagem.

Na cadeia de produção de café, a estocagem é realizada em condição ambiente. Assim, é indispensável para sua conservação a etapa de secagem logo após a colheita (Resende et al., 2009), sendo esta apontada como fundamental para a qualidade da bebida resultante

(Teshome et al., 2019; Olmos et al., 2017). Tem-se também a questão de consumo de energia nessa etapa, a qual tem impacto na formação de custos (Mellmann & Füll, 2008).

Poder eliminar ou agregar etapas para otimizar o processo produtivo, de forma a reduzir ou minimizar as possibilidades de perdas qualitativas, pode ser interessante na cadeia produtiva de café. Assim, há uma oportunidade para aumentar o valor do produto em função do aumento ou manutenção da qualidade da bebida, através do emprego de um processo de secagem e conservação mais adequado.

A produção de cafés especiais no Brasil tem crescido nos últimos anos (Saath, 2010; Boaventura et al., 2018; Volsi et al., 2019), estimulada pelo aumento no consumo da bebida de melhor qualidade (Zarebska et al., 2022) e pelos preços pagos pelo mercado (Pimenta et al., 2018), que chegam a atingir valores superiores a dez vezes o valor pago pela bebida comum, o que justifica o investimento em etapas de pós-colheita para garantir a qualidade final do produto (Donovan et al., 2019).

Recentemente no Brasil, a estocagem frigorificada começou a ser aplicada também na área de grãos, com significativos resultados em termos de ganhos econômicos e de melhoria qualidade, no que se refere a redução do ataque de pragas e a conservação de óleos e proteínas (Alencar et al., 2009; Quirino et al., 2013; Ely, 2018; Lazzari et al., 2006), mesmo que esses produtos ainda não sejam precificados por seus atributos qualitativos, como é o caso do café (Zaidan et al., 2017).

A temperatura empregada, entre 10 e 15 °C, além de reduzir o desenvolvimento e o ataque de pragas durante a armazenagem, diminui o metabolismo do grão, reduzindo a taxa de respiração e, conseqüentemente, a queima de energia (carboidratos). A redução da temperatura também reduz a degradação de lipídeos, cuja consequência é a formação de sabores e odores indesejáveis, influenciando negativamente a qualidade nutricional e sensorial do produto. A contaminação por microrganismos, a mudança de coloração e a oxidação de lipídios durante a armazenagem do café, são alguns dos fatores relacionados à redução na qualidade da bebida. Além da qualidade sensorial, a coloração é umas das características físicas que mais influi no valor econômico do produto (Vidal, 2001).

Considerando todos os aspectos levantados, tendo como foco cafés especiais, a proposta do trabalho foi avaliar a duplicidade e sinergismo dos processos de secagem lenta e armazenamento em baixa temperatura, utilizando uma câmara frigorífica em condições adequadas para o café em fruto pós colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O café em fruto, variedade Conilon Amarelo 62, proveniente do município de Poços de Caldas/MG, foi colhido de forma seletiva (somente grãos maduros). O café foi colhido em 20 de julho de 2021, resfriado a 16 °C, colocado em caixa térmica e enviado para os experimentos. O intervalo de tempo entre a colheita, o resfriamento e o transporte, foi de 24 horas, aproximadamente. Em Dourados, o café foi recebido e levado para o Laboratório de Termodinâmica, Refrigeração e Energia (LTRE) da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados.

No experimento, foi recebida a quantidade de 15,74 kg de café com aferição de temperatura de 18,7 °C. Foram retiradas 4 amostras de 55 g, aproximadamente, para determinação do teor de água inicial pelo o método gravimétrico, utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar a 105 °C por 24 h. Uma amostra de 600 g foi retirada para a realização de análises de propriedades químicas.

O restante do produto foi distribuído igualmente em 4 bandejas perfuradas, resultando em uma massa de 3730 g por bandeja. As bandejas com medidas 40 x 70 x 10 cm (largura, comprimento, altura) foram colocadas num carrinho com 4 prateleiras perfuradas, com distância de 35 cm entre elas e então levadas a câmara fria. Em cada bandeja, uma porção de café de 90 g (amostra controle) foi embalada com tela (mesh 5) de polipropileno para pesagem e acompanhamento do decréscimo do teor de água no processo de secagem lenta durante o período de estocagem a baixa temperatura.

Iniciada a secagem, a massa das amostras controle foi pesada periodicamente, com auxílio de uma balança semi-analítica com resolução de 0,01 g. A primeira pesagem ocorreu após 24 horas e, as demais, em intervalos de 7 dias. O teor de água durante a secagem foi determinado por diferença de massa, conhecendo-se o teor de água inicial, até que fosse atingido o teor de água final de pelo menos $12 \pm 1\%$ (b.u.).

A câmara fria utilizada no experimento, projetada para produtos resfriados, possui dimensões de 2,20 x 2,20 x 2,50 m (base, largura, altura), montada com painéis isotérmicos de poliestireno expandido, com espessura de 100 mm e com conjunto frigorífico com capacidade de 2850 kcal/h a temperatura de evaporação de 5 °C, composto por unidade evaporadora Elgin modelo FXBN02426E com 2 ventiladores e unidade condensadora Elgin UCM2200TTC com compressor hermético trifásico e fluido refrigerante R22.

Previamente ao experimento, foi realizada uma etapa de ajustes da câmara fria, de forma a ser possível trabalhar com valores de umidade relativa e temperatura que objetivassem a valores de umidade de equilíbrio do ar entre 10 e 12 %, segundo a equação de umidade de equilíbrio de Harkins-Jura modificada (Jordan et al., 2020a). Nessas condições, foi estimado com base em trabalhos anteriores com secagem de café a baixa temperatura (Jordan et al., 2020a; Jordan et al., 2020b, Jordan et al., 2020c), que seria possível fazer com que o café atingisse o teor de água para conservação (12% b.u.) em 2 a 3 meses.

A câmara fria então foi ajustada para operar com temperatura mínima em 10 °C e máxima de 15 °C (diferencial de temperatura de 5 °C). Os ventiladores do evaporador permaneceram desligados durante os intervalos de temperatura, operando somente na redução de temperatura do valor máximo para o valor mínimo. Para manter os valores de umidade relativa na faixa dos valores de umidade de equilíbrio para as condições de temperatura do ar, foi necessário introduzir uma fonte de calor adicional. Para isto foi empregada uma lâmpada de vapor misto de 250 W de potência elétrica, a qual ficava ligada constantemente.

Para monitorar as condições de umidade relativa e temperatura do ar durante a etapa de ajustes da câmara fria e de realização do experimento,

foram empregados sensores tipo RHT conectados a um módulo Field Logger, marca Novus, ligados a um computador para monitoramento em tempo real e gravação dos dados.

A finalização do ensaio ocorreu após o produto atingir o valor de teor de água pré-determinado. O produto de todas as bandejas foi retirado da câmara fria e homogeneizado, sendo retiradas amostras para análises sensorial e de propriedades físicas e químicas.

Paralelamente a este ensaio, para fins de comparação, 20 litros do mesmo lote de café colhido foram secos em sistema de dobra em terreiro suspenso e coberto a noite, cuja a secagem foi completada com 23 dias, quando os grãos atingiram 12% de umidade (base úmida). Na sequência os grãos foram descansados em tulha de madeira por 20 dias. Essa secagem ocorreu na propriedade, onde foi realizada a colheita. Foram retiradas amostras, as quais foram submetidas às mesmas análises do produto seco e conservado em câmara fria.

A análise sensorial seguiu o protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA) (Lingle, 2011; SCA, 2018), realizada no Núcleo de Qualidade do Café do IFSULDEMINAS do Instituto Federal Sul de Minas Gerais/Campus de Machado, por juízes Q-Grades certificados pelo Coffee Quality Institute da SCA (Specialty Coffee Association).

As análises de propriedades químicas e físicas do produto final foram realizadas no laboratório do Grupo de Estudos de Produtos e Processos Agroindustriais do Cerrado – LabGEPPAC da UFGD. Os grãos de café foram analisados quanto à composição nutricional, pH, acidez e cor. A composição nutricional do café foi determinada pela análise do conteúdo de água por método gravimétrico em estufa a 105 °C (AOAC, 2003), resíduo mineral fixo por incineração em mufla a 550 °C, proteínas pelo método de micro-Kjeldahl e lipídeos pelo método Bligh e Dyer (1959). Os carboidratos foram calculados por diferença dos demais componentes. O valor energético total (VET) foi calculado utilizando-se os fatores de conversão de *Atwater*: proteínas 4 kcal/g, lipídeos 9 kcal/g e carboidratos 4 kcal/g (Merril & Watt, 1973).

O pH foi determinado por leitura direta em potenciômetro digital (Marca Tecnal, modelo TEC-7) e a acidez quantificada por titulometria (AOAC, 1992) com NaOH (0,1N).

A cor dos grãos foi analisada em colorímetro *Konica Minolta* (Modelo CR-400/Cr-410), com ângulo de visão de 10° e iluminante D65. O sistema de cor utilizado foi o CIELab (*Comission Internationale de L'Eclairage* 1986), e as coordenadas de cor L* (luminosidade ou claridade) que varia de 0 (preto) a 100 (branco), a* (vermelho) e b* (amarelo) que variam de 0 a 60 para valores positivos foram obtidas por leitura direta de pelo menos nove pontos (9 repetições) de uma amostra representativa.

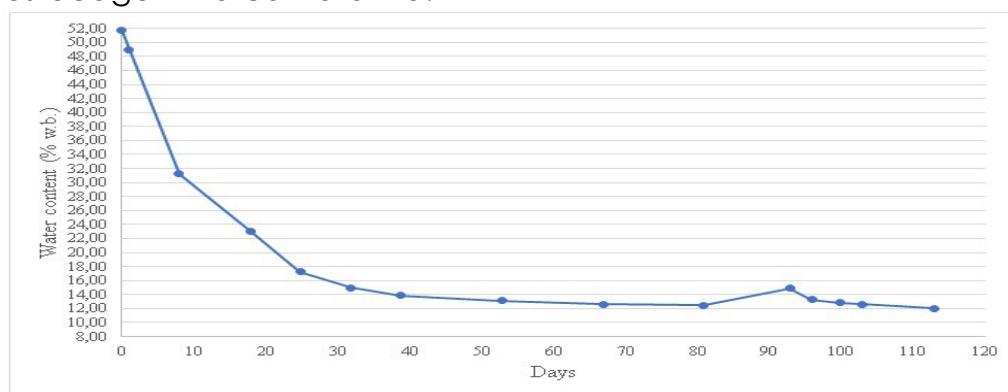
A determinação dos compostos fenólicos foi realizada utilizando-se o método colorimétrico Folin-Ciocalteu. A concentração de compostos fenólicos foi expressa em mg equivalente ao ácido gálico (AGE) / g de amostra (OLIVEIRA, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo total de estocagem refrigerada foi de 112 dias. Já o tempo para que o café atingisse um teor de água de 12 % foi de 81 dias (Figura 1), nas condições de temperatura entre 6,7 e 14,5 °C e de umidade relativa entre 39 e 55% (Figura 2), dentro das condições de operação estimadas da câmara fria.

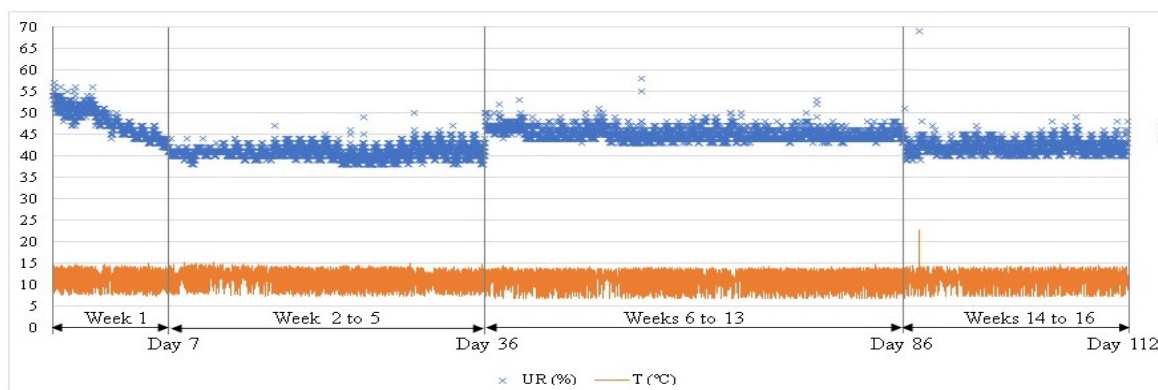
Durante o período de estocagem houve um desligamento prolongado do sistema de refrigeração da câmara fria, causado por uma interrupção no fornecimento de energia que durou aproximadamente 3 dias, o que provocou o aumento no teor de água verificado após o nonagésimo dia (Figura 1).

Figura 1 - Comportamento do teor de água do café durante o tempo de estocagem na câmara fria.



Fonte: Autor (2022).

Figura 2 - Comportamento da umidade relativa e da temperatura do ar da câmara fria durante o período de estocagem do café.



Fonte: Autor (2022).

Na Figura 2 é possível ver, após o dia 86, a ocorrência de picos de temperatura e umidade relativa de 20 °C e 70%, respectivamente, ocasionados pelo desligamento do sistema de refrigeração da câmara fria devido a interrupção de energia elétrica. O sistema de aquisição de dados também foi restabelecido, reinicializando com os registros de temperatura e UR fora das condições.

O aumento da umidade relativa entre a sexta e décima terceira semana (dia 36 e dia 86), foi devido ao desligamento da lâmpada usada como fonte de calor para redução da umidade relativa, causado por um problema elétrico na câmara fria.

O desligamento acidental da fonte de calor afetou a tempo de redução do teor de água, uma vez que alterou as condições de operação, afetando assim a umidade de equilíbrio. Na Figura 1, é possível verificar que entre o trigésimo sexto e o octogésimo dia, período que a lâmpada permaneceu desligada, o tempo para redução do teor de água de 14 para 12% foi de 40 dias, aproximadamente. Com a religação da lâmpada, após o nonagésimo dia, o tempo para que o teor de água fosse reduzido de 15 para 12%, foi de apenas 20 dias, aproximadamente.

Jordan et al. (2020a), na secagem de café natural em condição de temperatura de 15 °C e umidade relativa de 48 % com insuflamento constante de ar, obtiveram um tempo de secagem de 10 dias para a redução do teor de água de 37 para 11 % (b.u.). Ao aumentar a temperatura para 30 °C e reduzir a umidade relativa para 20 %, o tempo de secagem reduziu para menos de 4 dias.

Segundo Vieira e Cal-Vidal (1995), na secagem a “frio”, assim denominada por limitar a faixa de temperatura entre zero e 15 °C, a umidade relativa consiste em um fator crítico e significativo no processo de remoção de água.

A Tabela 1 mostra o resultado da análise sensorial. O café submetido ao processo de secagem lenta e estocagem em câmara fria apresentou nota de qualidade sensorial de 86,41, ao passo que o café seco em terreiro suspenso e estocado em condição ambiente não controlada, apresentou nota de qualidade sensorial de 84,15.

Tabela 1 - Pontuação obtida pelo método de avaliação sensorial por degustação do SCA para as amostras de café.

Secagem/armazenamento	Pontuação média obtida
Câmara fria	86,41
Terreiro suspenso/ambiente	84,16

Fonte: Autor (2022).

As maiores diferenças foram verificadas nos atributos (Figura 3): corpo, aroma, sabor, acidez, retrogosto e equilíbrio. Segundo Rosa et al. (2016), atributos como acidez, corpo e doçura são importantes para a qualidade sensorial do café.

Figura 3 - Notas por atributos obtidas pelas amostras de café na avaliação sensorial: A) atributos gerais, B) atributos que apresentaram diferenças.



Fonte: Autor (2022).

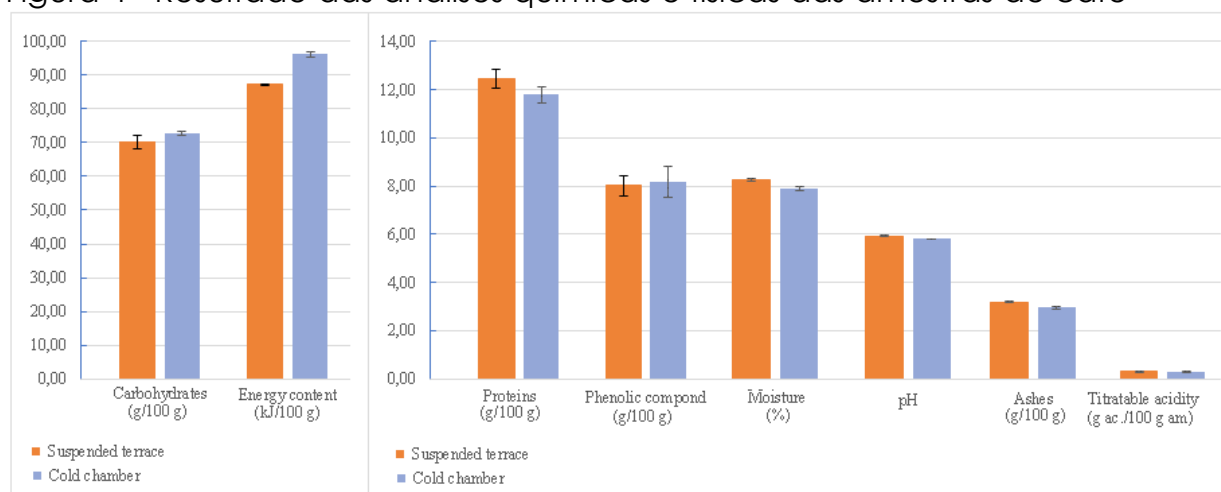
O emprego de temperaturas baixas na secagem do café (inferiores a 30 °C) tem resultado em melhoria da qualidade sensorial (Alves et al., 2013; Taveira et al., 2015; Alves et al., 2017; Borém et al., 2018). Ainda, segundo Alves et al. (2017), os cafés naturais são fisiologicamente mais sensíveis às condições de secagem, devido a um maior tempo de exposição ao ar de secagem. Por isso, os efeitos benéficos da secagem a baixa temperatura são mais percebidos nesse tipo de café.

Jordan et al. (2020c), avaliando a qualidade de cafés submetidos a secagem em baixas temperaturas (15, 30, 35 e 40 °C), obtiveram a melhor nota sensorial, 85 pontos, para o café seco à 15 °C e umidade relativa de 48%, sendo essa a condição com a menor taxa de secagem. Segundo Borém et al. (2018), o aumento na taxa de secagem em baixas temperaturas afeta negativamente a qualidade do café. Ao passo que menores taxas de secagem e valores mais elevados de umidade relativa em baixas temperaturas, tem efeito positivo na pontuação do café. Alves et al. (2017) também verificaram que taxas crescentes de secagem afetam a qualidade sensorial do café.

Zarebska et al. (2022), avaliando a influência das condições de armazenagem, temperatura (-10, 5, 10, 18 e 20 °C) e embalagem (GrainPro e juta), observaram que após 3 meses, os cafés naturais, mantidos em temperatura de 10 °C e em sacos de juta, apresentaram as menores quedas da nota sensorial em relação à condição inicial. De forma geral, a perda da qualidade de sabor foi maior para os cafés armazenados nas temperaturas de 18 e 20 °C, onde os atributos aroma, acidez, corpo e geral, apresentaram os maiores decréscimos. O retrogosto, o sabor e o equilíbrio, foram os atributos que apresentaram o menor decréscimo.

Com relação as análises químicas e físicas (Figura 4), levando-se em consideração o desvio padrão, não foram verificadas diferenças para os valores médios dos conteúdos de proteínas e carboidratos, para os valores de pH e acidez e para os compostos fenólicos entre as amostras de café secas em terreiro e em câmara fria.

Figura 4 - Resultado das análises químicas e físicas das amostras de café



Fonte: Autor (2022).

As concentrações médias de proteínas variaram entre 12,13 e 12,43 g 100 g⁻¹, enquanto as concentrações médias de carboidratos, variaram entre 70,29 e 72,67 g 100 g⁻¹, com os valores próximos aos encontrados por Barbosa

et al. (2019), Durán et al. (2017) e Lago et al. (2002), que reportaram valores de proteínas variando entre 11 e 13 g 100 g⁻¹ e de carboidratos entre 62,67 e 71,96 g 100 g⁻¹.

Os valores médios de compostos fenólicos variaram entre 8,02 e 8,19 g 100 g⁻¹, superiores aos valores encontrados por Abrahão et al.(2010) e Kitzberger et al. (2013), entre 4,31 e 5,33 g 100 g⁻¹, próximos aos encontrados por Ribeiro et al. (2014), que foram de 8,5 g 100 g⁻¹ para o café conilon cru.

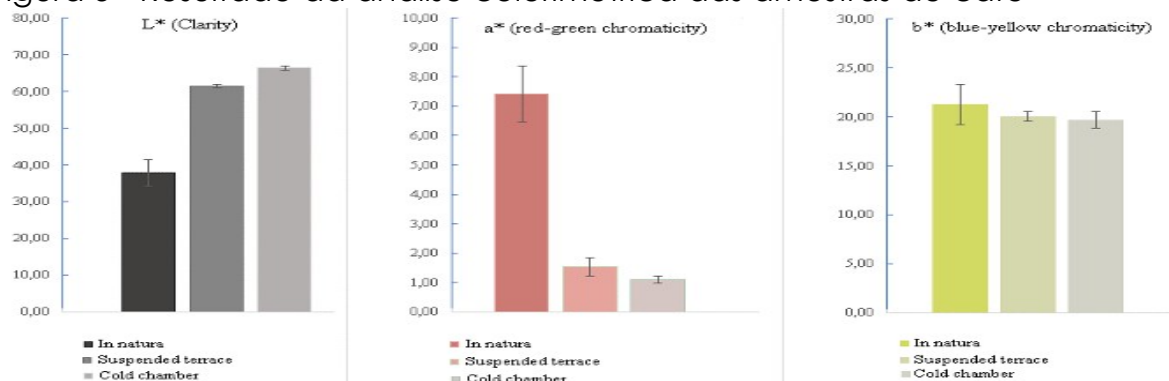
A concentração média de cinzas do café seco em terreiro foi um pouco maior (3,18 g 100 g⁻¹) que a do café seco e estocado em câmara fria (2,94 g 100 g⁻¹). Mesmo assim, ambos os cafés apresentaram teores de cinza muito abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira vigente, que é de 5 g 100 g⁻¹(BRASIL, 2010).

O valor médio do conteúdo energético do café seco e estocado em câmara fria foi superior (96,17 kJ 100 g⁻¹) ao do café seco em terreiro (87,3 kJ 100 g⁻¹), o que não é explicado apenas pela pequena diferença no conteúdo médio de água, 8,26 g 100g⁻¹ para o café do terreiro e 7,9 g 100 g⁻¹ para o café da câmara fria. Considerando que as diferenças entre os teores médios de carboidratos e proteínas foram pequenas, a diferença no conteúdo energético pode ser atribuída a uma concentração maior de lipídeos no café estocado em câmara fria, o que pode ser resultado do efeito benéfico da baixa temperatura para a conservação desse componente, conforme verificado por Alencar et al. (2009).

Gutkoski et al. (2009) mencionam que a degradação dos lipídios afeta negativamente a qualidade nutricional e sensorial do produto armazenado, e que a velocidade da degradação depende, dentre outros fatores, da temperatura e do tempo de armazenamento. Segundo Barbosa et al. (2019), os lipídeos contribuem para a formação do aroma durante o processo de torrefação, estando associados a melhor qualidade da “xícara”.

Com relação a análise colorimétrica (Figura 5), houve aumento do parâmetro “L” para ambos os cafés (terreiro e câmara fria), indicando a ocorrência de branqueamento do produto armazenado, o qual foi maior para o café seco e mantido em câmara fria. Segundo Abreu et al. (2013), o emprego de ar resfriado durante o armazenamento, reduz o branqueamento dos grãos de café. Assim, é possível que a lâmpada utilizada para o controle da umidade relativa, tenha sido a causa, pois, segundo Borém et at. (2019), a exposição à luz é um dos fatores que leva a perda de qualidade do café.

Figura 5 - Resultado da análise colorimétrica das amostras de café



Por outro lado, ainda pela análise colorimétrica, o café da câmara fria apresentou redução da coordenada "a", o que indica aproximação da cor desejada, verde e, também, uma leve tendência de redução da coordenada "b", indicando afastamento da cor indesejada, amarelo e, aproximação da cor desejada, azul. De acordo com Abreu et al. (2013), a coloração verde-azulada para os grãos de café é indicativo de um produto com melhor qualidade. Ainda segundo esses autores, além da iluminação, fatores como temperatura e umidade relativa influenciam na coloração dos grãos, sendo as alterações menos frequentes em ambientes com baixa temperatura e umidade relativa.

CONCLUSÃO

Foi possível, através de ajustes operacionais, utilizar uma câmara fria para secagem lenta e conservação do café durante o período de estocagem em câmara fria, e ainda melhorar a preservação de atributos importantes para uma boa nota de qualidade sensorial da bebida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrahão, S. A. et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotécnologia*, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr. 2010.

Abreu, G. F. de; Rosa, S. D. V. F. da; Caixeta, F.; Clemente, A. da C. S.; Pereira, C. C.; Coelho, S. V. B. .

Alencar, E. R.; Faroni, L. R. D.; Lacerda Filho, A. F.; Peternelli L. A.; Costa, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.5, p.606-613, 2009.

Alves, G. E., Borém, F. M., Isquierdo, E. P., Siqueira, V. C., Cirillo, M. Â., & Pinto, A. C. F. (2017). Physiological and sensorial quality of Arabica coffee subjected to different temperatures and drying airflows. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39(2), 225-233. doi: 10.4025/actasciagron.v39i2.31065

AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 16 ed., 3 rev. AOAC International, Arlington, 1997.

Barbosa, M. S. G.; Scholzb, M. B. S.; Kitzbergerb, C. S. G.; Benassia, M. T. Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. *Food Chemistry* 292 (2019) 275–280.

Borém, F. M., Isquierdo, E. P., Alves, G. E., Ribeiro, D. E., Siqueira, V. C., & Taveira, J. H. D. S. (2018). Quality of natural coffee dried under different temperatures and drying rates. *Coffee Science*, 13(2), 159-167. doi: 10.25186/cs.v13i2.1410

Delele, M.A.; Schenk, A.; Tijsskens, E.; Ramon, H.; Nicolai, B.M.; Verboven, P. Optimization of the humidification of cold stores by pressurized water atomizers based on a multiscale CFD model. *Journal of Food Engineering* 91 (2009) 228–239. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.08.027.

Haile, M., Kang, W. H. The Harvest and Post-Harvest Management Practices' Impact on Coffee Quality. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89224>.

Hossain, M. A., Gottschalk, K., & Hassan, M. S. (2013). Mathematical Model for a Heat Pump Dryer for Aromatic Plant. *Procedia Engineering*, 56(1), 510–520. doi:10.1016/j.proeng.2013.03.154

Jordan, R. A.; Siqueira, V. C.; Cavalcanti-Mata, M. E. R. M.; Hoscher, R. H.; Mabasso, G. A.; Motomiya, A. V. A.; Oliveira, F. C.; Santos, R. C.; Quequeto, W. D. (2020a). Cinética de secagem de café natural e descascado a baixa temperatura e umidade relativa com emprego de uma bomba de calor. *Research, Society and Development*, 9(1), e388985528.

Jordan, R. A., Siqueira, V. C., Quequeto, W. D., Cavalcanti-Mata, M. E. R. M., Hoscher, R. H., Mabasso, G. A., Battilani, M., Oliveira, F. C. de, Martins, E. A. S. & Freitas, R. L. (2020b). Consumo específico de energia na secagem de café com sistema de aquecimento resistivo e bomba de calor. *Research, Society and Development*, 9(9), e303997297-e303997297. doi: 10.33448/rsd-v9i9.7297

Jordan, R. A.; Siqueira, V. C.; Cavalcanti-Mata, M. E. R. M.; Hoscher, R. H.; Mabasso, G. A.; Quequeto, W. D.; Battilani, M.; Freitas, R. L.; Oliveira, F. C.; Martins, E. A. S. (2020c). Qualidade sensorial do café submetido a secagem a baixa temperatura e a frio com emprego de um sistema baseado em tecnologia de bomba de calor. *Research, Society and Development*, 9(11), e59791110302. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10302>

McGuire, R.G. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255, 1992.

Mellmann, J., & Füll, C. (2008). Drying facilities for medicinal and aromatic plants-specific energy consumption and potential for optimisation. *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen*, 13(3), 127-133.

OLIVEIRA, Thínara de Freitas; DA ROCHA, Renata de Souza; BATISTA, Acsa Santos; PINTO, Sthefany Nicolle Gomes; SANTOS, Leandro Soares. Evaluation of phenolic constituents and antioxidant potential of green coffee beans from Planalto de Conquista (Bahia) by Multivariate Analysis. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, 2021.

Olmos, L. C., Duque, E. A., & Rodriguez, E. (2017). State of the art of coffee drying technologies in Colombia and their global development. *Revista Espacios*, 38(29), 27-36.

RIBEIRO, M.; BORÉM, F.M.; ANDRADE, E A.; ROSA, S.D.F. Taxa de redução de água do café cereja descascado em função da temperatura da massa, fluxo de ar e período de pré-secagem. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v. 28, n. 7, p. 94-107, 2003. Especial.

Saath, R. Qualidade do café natural e despulpado em diferentes condições de secagem e tempos de armazenamento. 2010. 229 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

SCA. (2018). *Protocols & Best Practices*. Specialty Coffee Association. <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>.

VIEIRA, J. A. G.; CAL-VIDAL, J. Secagem a frio de creme de abacate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, p.553-562, 1995.

CONBRAVA 2023 – São Paulo Expo, 13 à 15 de setembro de 2023 - São Paulo, Brasil

Vidal, H. M. Composição lipídica e a qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento. 2001. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

Zarebska, M.; Stanek, N.; Barabosz, K.; Jaszkiwicz, A.; Kulesza, R.; Matejuk, R.; Andrzejewski, D.; Biłtos, L.; Porada, A. Comparison of Chemical compounds and their influence on the taste of coffee depending on green beans storage conditions. *Scientific Reports*, (2022) 12:2674. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06676-9>.