

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO DE GRÃOS DE CAFÉ SUBMETIDOS A DIFERENTES TIPOS DE PROCESSAMENTO E MÉTODOS DE SECAGEM

Guilherme Euripedes Alves¹, Pedro Damasceno de Oliveira², Eder Pedroza Isquierdo³, Flávio Meira Borém⁴,
Caio de Castro Pereira⁵, José Henrique da Silva Taveira⁶

¹Estudante de Engenharia Agrícola da UFLA,

²Estudante de Doutorado em Agronomia UNESP Botucatu,

³Estudante de Doutorado em Ciência dos Alimentos da UFLA,

⁴Professor do Departamento de Engenharia da UFLA,

⁵Estudante de Agronomia da UFLA,

⁶Estudante de Doutorado em Engenharia Agrícola.

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho avaliar os resultados da condutividade elétrica e lixiviação de potássio dos grãos de café processados e secados de diferentes formas, ao final do processo de secagem com temperaturas alternadas. O experimento foi realizado com dois tipos de processamento: via seca e via úmida; e quatro métodos de secagem: secagem em terreiro, e secagem mecânica com ar aquecido a 50/40°C, 60/40°C e 40/60°C, onde a temperatura foi alterada quando os grãos de café atingiram 30%±2% (b.u.), com complementação da secagem até atingir 11%±1% (b.u.). O sistema mecânico de secagem utilizado constituiu-se de três secadores de camada fixa, o qual permite o controle da temperatura e fluxo de secagem. Após a aplicação dos tratamentos, a condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada pela metodologia proposta por Krzyzanowski, França e Henning (1991) e a lixiviação de íons de potássio também foi realizada em grãos crus, segundo a metodologia proposta por Prete (1992). A partir dos resultados obtidos, verificou-se que os maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, independente do tratamento de secagem, foram encontrados nos cafés naturais. Em relação aos tratamentos de secagem, nota-se que o aumento da temperatura de secagem, resultou em valores de condutividade elétrica elevados, tanto para processamento via seca e via úmida.

Palavras-chaves: Secadores de camada fixa, Temperatura, Grãos crus

ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND POTASSIUM LEACHING OF COFFEE GRAINS SUBMITTED TO DIFFERENT PROCESSING AND DRYING METHODS

ABSTRACT: The present work aimed to evaluate the electrical conductivity and potassium leaching in coffee grains processed and dried in different methods, alternating the dryer temperature. The experiment was carried out with two methods of processing: dry and wet; and four methods of drying: solar drying on the patio, drying with heated air to 50/40°C, 60/40°C and 40/60°C, with change in the temperature when the coffee grains reached the humidity of 30%±2 (wb) and the drying being finished with grains at 11±0,5% (wb). The drying system is composed by three dryers with fixed layers, which allows the control of temperature and flow of air. The electrical conductivity analysis is carried out using Krzyzanowski methodology, and the potassium ions leaching was carried out in raw grains, according to the methodology proposed by Prete (1992). The highest values of electrical conductivity and potassium leaching were observed in the natural coffee grains regardless to the drying method. The high temperature of the air drying also contributed to the increase of the electrical conductivity for both of the processing. High temperatures are detrimental to the final quality of the coffee grains.

Key words: Fixed layer dryer, Temperature, Raw grains

INTRODUÇÃO

Nos diversos segmentos produtivos, a busca por qualidade é uma das maiores preocupações. O café é um dos poucos produtos cujo valor cresce com a melhoria da qualidade. A qualidade da bebida do café é determinada pelo sabor e aroma, que estão associados às substâncias químicas existentes nos grãos (BORÉM, 2008). Fatores genéticos, ambientais, culturais e os métodos de colheita são importantes por afetarem diretamente a qualidade da bebida do café. Na pós-colheita, os parâmetros de secagem, como temperatura e taxas de secagem elevadas e métodos de armazenamento, apresentam também contribuições expressivas sobre a qualidade final do produto (ALPIZAR; BERTRAND, 2004).

O processamento do café também interfere de forma significativa na sua qualidade. No Brasil, em virtude do método de colheita empregado, o café recém-colhido apresenta uma mistura de frutos verdes, cerejas, passas, ramos, torrões e pedras. Após a derriça, o café é submetido à separação das impurezas, de forma manual ou por máquinas de pré-limpeza. Em seguida o café deve passar pelo separador hidráulico, onde os cafés bóia são separados dos frutos cerejas e verdes (BARTHOLO; GUIMARÃES, 1997).

Existem dois métodos de processamento para o café: a via seca e a via úmida. No processamento via seca, os frutos são submetidos à secagem intactos, sem a remoção do exocarpo. No processamento via úmida, podem ser produzidos: os cafés cereja descascado, resultado da remoção mecânica da casca e, parcialmente, da mucilagem do fruto; os cafés cereja despolpados, originados de frutos descascados mecanicamente com a mucilagem remanescente removida por fermentação; e os cafés cereja desmucilados, resultado da remoção mecânica tanto da casca quanto da mucilagem (BORÉM, 2008).

O teste de lixiviação de potássio, assim como o de condutividade elétrica, indica possíveis danos ao sistema de membranas celular (AMORIM, 1978; PRETE, 1992). Malta, Pereira e Chagas (2005) e Reinato et al. (2007) relatam que os maiores valores de lixiviação de potássio correspondem a uma menor integridade na membrana celular, ocasionada por processos deteriorativos corridos durante a secagem, causando alterações indesejáveis durante o armazenamento. A secagem do café, se mal conduzida, pode intensificar a degradação de membranas celulares, o que pode ser indicada com consistência pelos testes de lixiviação de potássio e condutividade elétrica (AMORIM, 1978; PRETE, 1992). Os grãos com membranas mal estruturadas, desorganizadas e danificadas lixiviam maior quantidade de solutos, apresentando maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio (KRZYZANOWSKY; FRANÇA NETO; HENNING, 1991), indicando perda de qualidade (PIMENTA; COSTA; CHAGAS, 2000; PRETE, 1992). Borém, Marques e Alves (2008) e Marques et al. (2008) mostraram maiores danos no sistema de membranas celulares dos grãos com o aumento da temperatura de secagem.

Durante a secagem, dependendo da temperatura e taxas de secagem utilizadas, podem ocorrer transformações químicas, físicas e fisiológicas nos grãos, que poderão provocar uma desorganização ou alteração de seletividade das membranas celulares (RIBEIRO et al., 2003). Tem-se verificado em muitos trabalhos que os cafés naturais são mais sensíveis à dessecação, quando comparados aos cafés em pergaminho (CORADI, 2006; TAVEIRA, 2009). Esse fato é de grande importância para o manejo desses cafés, pois novas técnicas de secagem mecânica, onde se utilize diferentes temperaturas durante o processo de secagem, podem colaborar para a manutenção da qualidade dos cafés.

Com isso, objetivou-se analisar diferentes métodos de processamento e temperaturas de secagem na manutenção da qualidade da bebida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com café cereja (*Coffea arabica* L. cv. Rubi), colhido na Universidade Federal de Lavras, UFLA. Os frutos colhidos foram processados por via seca (natural) e via úmida (despolpado), separando-se somente os frutos cereja. Após o processamento, o café foi secado em quatro condições diferentes: secagem completa no terreiro; secagem em secadores de camada fixa com ar aquecido a 50°C até o café atingir 30% de teor de água, prosseguindo-se à secagem com ar aquecido a 40°C até atingir 11% de teor de água; secagem em secadores de camada fixa com ar aquecido a 40°C até o café atingir 30% de teor de água, prosseguindo-se à secagem com ar aquecido a 60°C até atingir 11% de teor de água; e secagem em secadores de camada fixa com ar aquecido a 60°C até o café atingir 30% de teor de água, prosseguindo-se à secagem com ar aquecido a 40°C até atingir 11% de teor de água. Terminada a secagem foram retirados porções de grãos classificados em peneiras 16 acima, com descarte de grãos mocos e defeituosos, procedidas a análise fisiológicas no Laboratório de Análise de Sementes e no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Lavras.

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada pela metodologia proposta por Krzyzanowski, França Neto e Henning (1991). Foram utilizadas quatro repetições de 50 grãos de cada parcela, as quais foram pesadas com precisão de 0,001g e imersas em 75mL de água destilada no interior de copos plásticos de 180mL de capacidade. Em seguida, esses recipientes foram levados à BOD com ventilação forçada regulada para 25°C, por cinco horas, procedendo-se à leitura da condutividade elétrica da água de embebição em aparelho BEL W12D. Com os dados obtidos foi calculada a condutividade elétrica pela equação 1, expressando-se o resultado em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de grãos.

$$CE = \frac{\text{Valor lido} \left(\frac{\mu\text{S}}{\text{cm}} \right)}{\text{Peso (g)}} \quad \text{equação 1}$$

A lixiviação de íons de potássio foi realizada nos grãos crus, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Após a leitura da condutividade elétrica, as soluções foram submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviada. A leitura foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK-2002. Com os dados obtidos foi calculada a quantidade de potássio lixiviada de acordo com a equação 2, expressando-se o resultado em ppm.

$$LK = \frac{\text{Valor lido} \times \text{diluição} \times 1,66}{\text{Peso (g)}} \quad \text{equação 2}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados do desdobramento do efeito do tratamento de secagem para cada tipo de processamento dos grãos sobre a condutividade elétrica.

Tabela 1 Valores médios de condutividade elétrica para a o desdobramento tratamento de secagem e processamentos – Lavras – 2009

Tratamento secagem	de	Processamento	
		Natural ($\mu\text{S/cm/g}$)	Despolpado ($\mu\text{S/cm/g}$)
Terreiro		127.83 aA	80.53 bA
50/40°C		173.89 aB	124.62 bB
60/40°C		201.09 aC	131.77 bB
40/60°C		225.71 aD	167.90 bC

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade

Pode-se confirmar, pelo apresentado na Tabela 1, que houve diferenças significativas entre os tipos de processamentos e secagem utilizados nos experimento. Os maiores valores de condutividade elétrica, independente do tratamento de secagem, foram encontrados nos cafés naturais, quando comparados com os cafés despulpados, apontando que essa forma de processamento contribuiu para os valores de condutividade elétrica ser menor com consequente manutenção das estruturas celulares e da qualidade do produto. Outro fato que pode ter contribuído para isso, seria o menor tempo de exposição desses cafés às altas temperaturas, quando comparados aos tempos de exposição dos cafés naturais (PRETE, 1992).

Em relação aos tratamentos de secagem, nota-se que o aumento da temperatura de secagem resultou em maiores valores de condutividade elétrica, tanto para cafés processados por via seca quanto para os cafés processados por via úmida. Esse fato corrobora com os relatos dos autores Borém, Marques e Alves (2008) e Coradi et al. (2007), que verificaram que o aumento da temperatura de secagem causa danos ao sistema de membranas das células da grãos de café, aumentando a condutividade elétrica do exsudado dos grãos.

Verifica-se também, na Tabela 1, que o tratamento de secagem que menos causou danos às estruturas celulares foi o terreiro. Esse fato pode estar relacionado à menor tempo de exposição a altas temperaturas, tendo em vista que a temperatura máxima ambiente foi de 27,1°C, desse tratamento, em comparação ao tratamento com secagem com ar aquecido. Em relação aos tratamentos de secagem mecânica, as temperaturas de secagem 40/60°C resultaram nos maiores valores, indicando maior comprometimento da qualidade do café comparativamente à secagem com temperaturas 60/40°C. Esse aumento da condutividade elétrica dos cafés processados via seca e via úmida, quando da utilização da temperatura de 60°C após a meia-seca, comparada com a utilização da mesma temperatura antes da meia-seca, pode ser explicado pela maior desestruturação das membranas celulares quando da utilização de altas temperaturas no momento em que o produto se encontra com teor de água mais baixo. Fenômeno semelhante foi observado por Saath (2006) que, analisando os danos causados pela temperatura de secagem nas estruturas celulares de grãos de café, verificou que esses ocorrem mais intensamente entre os teores de água entre 30% (b.u.) e 20% (b.u.), quando utilizou a temperatura de 60°C na secagem.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados do desdobramento do efeito do tratamento de secagem para cada tipo de processamento dos grãos sobre a lixiviação de potássio.

Tabela 2 Valores médios de lixiviação de potássio para a interação tratamentos de secagem e processamentos – Lavras – 2009

Tratamento secagem	de	Processamento	
		Natural (mg/kg)	Despolpado (mg/kg)
Terreiro		49,01 aA	32,06 bA
50/40°C		73,74 aB	51,77 bB
60/40°C		90,31 aC	58,63 bB
40/60°C		96,41 aC	72,35 bC

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade

O teste de lixiviação de potássio, assim como o de condutividade elétrica, avalia a integridade do sistema de membranas e observa-se que os efeitos dos tratamentos são semelhantes aos verificados no teste de condutividade elétrica.

Assim como no teste de condutividade elétrica, os maiores valores de lixiviação de potássio foram encontrados nos cafês processados via seca, indicando mais uma vez que o tempo de exposição desses cafês à secagem, tanto em terreiro quanto em secadores, pode ter sido um dos causadores desse fenômeno. O mesmo fenômeno foi observado por Taveira (2009), estudando a alternância de temperaturas no decorrer do processo de secagem.

A elevada temperatura no início da secagem, antes da meia-seca, no tratamento de 60/40°C, e no final da secagem, após a meia-seca, no tratamento 40/60°C, pode ter sido prejudicial à integridade fisiológica dos grãos, indicados pelos altos valores de lixiviação de potássio, quando comparados com a secagem em terreiro. Mesmo esses dois tratamentos de secagem não apresentando diferenças estatísticas entre si, os maiores valores de lixiviação de potássio foram encontrados nos cafês secados com temperaturas de 40/60°C, apontando a maior sensibilidade das membranas a baixo teor de água. Nesse momento há um acúmulo de energia muito grande no interior do grão, que pode, dependendo da temperatura utilizada na secagem, comprometer as estruturas celulares com consequente lixiviação de solutos.

O tratamento de secagem 50/40°C apresentou valores de lixiviação de potássio intermediários em relação ao terreiro e 60/40°C, apontando como uma possível alternativa no manejo de grãos de café despulpados na secagem mecânica, pois também apresentou boa qualidade sensorial, como discutido anteriormente.

Existe uma concordância de que a degeneração das membranas celulares e subsequente perda de controle de permeabilidade seja um dos primeiros eventos que caracterizam a deterioração. De acordo com Malta, Pereira e Chagas (2005), qualquer fator que altere a estrutura da membrana, como ataque de insetos e microrganismos, alterações fisiológicas, danos mecânicos e térmicos, provocam uma rápida deterioração dos grãos de café. Essas alterações provocam reações químicas que modificam a composição química original do grão de café e em consequência suas propriedades sensoriais e fisiológicas.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

Assim como o teste de condutividade elétrica, os maiores valores de lixiviação de potássio foram encontrados nos cafês processados via seca, podendo ter sido causado pelo maior tempo de exposição desses cafês a secagem, tanto em terreiro quanto em secadores.

Analisando os tratamentos de secagem, nota-se que o aumento da temperatura de secagem resultou em maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, tanto para cafês processados por via seca quanto para os cafês processados por via úmida.

A temperatura de 40/60°C foi a que obteve os piores resultados, de lixiviação de potássio e condutividade elétrica, sendo a menos indicada.

O tratamento de secagem 50/40°C apresentou valores de lixiviação e condutividade intermediários em relação ao terreiro e 60/40°C, apontando como uma possível alternativa no manejo de grãos de café despulpados na secagem mecânica.

O uso da temperatura de 60°C após a meia-seca foi mais danosa do que quando usada antes da meia-seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Resumes...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com deterioração da qualidade.** 1978. 85 f. Tese (Livre Docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1978.

BORÉM, F. M. et al. Caractization of the moment of endosperm cell damage during coffee drying. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Resumes...** Campinas: ASIC, 2008. p. 14-19.

BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. **Biosystems Engineering**, Saint Joseph, v. 99, n. 1, p. 62-66, Jan. 2008.

CORADI, P. C. et al. Effect of drying and storage conditions on the quality of natural and washed coffee. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 38-47, Jan./June 2007.

KRZYZANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relatos dos testes de vigor disponíveis as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. de R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1015-1020, set./out. 2005.

PIMENTA, C. J.; COSTA, L.; CHAGAS, S. J. R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estágios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 1, p. 23-30, 2000. Especial Café.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1992.

SAATH, R. **Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem**. 2006. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

TAVEIRA, J. H. S. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos associados à qualidade de bebida de café submetido a diferentes métodos de processamento e secagem**. 2009. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.