

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA DO ENDOSPERMA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM¹

Scanning electron microscopy of the endosperm of coffee (*Coffea arabica* L.) during the drying process

Reni Saath², Flávio Meira Borém³, Eduardo Alves⁴, José Henrique da Silva Taveira⁵,
Regiane Medice⁶, Paulo Carteri Coradi⁷

RESUMO

A manutenção da integridade das membranas celulares, entre outros eventos, é um forte indicativo de que a qualidade do café foi preservada na pós-colheita. Objetivou-se neste trabalho, analisar o efeito de diferentes métodos de secagem na manutenção da integridade da parede celular e da membrana plasmática de café natural e café despulpado, buscando determinar as condições e o momento em que ocorrem as rupturas microscópicas. Os cafés foram submetidos a um período de pré-secagem em terreiro. Após este, uma parcela de cada tipo de café foi desidratada no terreiro e, outra, à temperatura de 40°C e 60°C em secadores de camada fixa, monitorando-se a temperatura e o teor de água até 11% (bu). Nesse período, grãos foram aleatoriamente amostrados e fragmentos do endosperma preparados para a microscopia eletrônica de varredura, registrando-se diversas eletromicrografias, avaliando-se as alterações na membrana plasmática da célula do endosperma dos grãos de cafés em função do teor de água e tempo de secagem. O citoplasma das células a 11% (bu) de teor de água não foi comprometido na secagem em terreiro e a 40°C; na secagem a 60°C, observou-se comprometimento nas estruturas celulares nos cafés com teor de água de 20% (bu).

Termos para indexação: Café, processamento, secagem, microestrutura.

ABSTRACT

The maintenance of the integrity of cellular membranes, among other events, is a strong indicator that the quality of the coffee was preserved in the post-harvesting process. Therefore, this work aimed to analyze the effect of different drying methods on the maintenance of the integrity of cell walls and plasma membrane of natural and de-pulped coffee in order to determine the conditions and the moment that microscopic ruptures take place. The coffee was submitted to a pre-drying period on a concrete patio. After this, a sample of each type of coffee was dehydrated outdoors and another, with heated air at 40°C and 60°C in fixed-layer dryers, controlling the grain temperature and the moisture content to 11% (bu). During the drying process the coffee grains were randomly sampled and fragments of the endosperm were prepared for scanning electron microscopy and eletromicrographs were taken. Measurements of the cells were taken for evaluating changes in the plasma membrane of the endosperm cells in relation to the moisture content and drying period. The cell cytoplasm of the coffee grains with 11% moisture content was not affected when dried under sun light and at the temperature of 40°C. When dried at 60°C, changes in the cellular structures of the cytoplasm were observed for coffees with moisture content of 20%.

Index terms: Coffee; processing; drying; microstructure.

(Recebido em 20 de abril de 2007 e aprovado em 19 de março de 2009)

INTRODUÇÃO

A crescente exigência da qualidade e a redução de custos de produção estão levando produtores e pesquisadores a buscarem novas tecnologias. Para a produção de cafés com qualidade, os frutos do cafeeiro devem ser colhidos no estágio cereja, impossibilitando sua conservação no armazenamento. Com isso, a secagem

demandará conhecimentos de sua ação sobre a qualidade final do produto. A secagem promove simultaneamente a transferência de água da superfície do fruto para o ar circundante (Borém et al., 2006; Marques et al., 2008), que ocorre quando a pressão parcial de vapor na superfície do fruto é maior do que a no ar circundante (Athié et al., 1998), e é em virtude do gradiente de potencial hídrico entre as duas regiões que ocorre o movimento da água do interior

¹Parte da dissertação na área de Processamento de Produtos Agrícolas. Mestrado em Engenharia Agrícola

²Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual de São Paulo – UNESP – Botucatu, SP

³Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Engenharia/DEG – Lavras, MG

⁴Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Fitopatologia/DFP – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – ealves@ufla.br

⁵Universidade Federal de Lavras/UFLA – Lavras, MG

⁶Universidade Federal de Lavras/UFLA – Lavras, MG

⁷Universidade Federal de Viçosa/UFV – Viçosa, MG

para a superfície do fruto. Quanto mais elevado o teor de água, menor deve ser a temperatura empregada na secagem (Harrington, 1972). O dano térmico ocorre durante a última fase da secagem (Borém, 2004), quando o teor de água do fruto e a cinética de secagem são menores em razão da redução da velocidade de evaporação e à elevação da temperatura do fruto. Deve-se ressaltar que os parâmetros de secagem influenciam o processo de secagem de maneira simultânea (Ribeiro et al., 2003). Entretanto, diferentes períodos de pré-secagem e temperaturas do ar no secador, resultam em diferentes taxas de remoção de água, porém, sem controle das condições de secagem e sua interferência na qualidade final do café (Borém et al., 2006).

O café pode ser seco em terreiros, sob o sol e movimento natural do ar, ou em secadores mecânicos com ar forçado aquecido a diferentes temperaturas. Frequentemente, aplica-se um período de pré-secagem em terreiros na fase inicial, e complementa-se a secagem em secadores mecânicos, com temperaturas elevadas. A secagem pode ser feita com os frutos intactos; descascados, removendo-se apenas o exocarpo e o mesocarpo; desmucilados, removendo-se o epicarpo e a mucilagem mecanicamente; e, despulpados, removendo-se o mesocarpo por meio de fermentação biológica após remoção do exocarpo.

O sabor e o aroma do café são alguns dos principais atributos relacionados à sua qualidade. Para obter-se um café de boa qualidade e um produto de bebida suave, deve-se manter a temperatura de secagem ao redor de 40°C na massa do café (Sfredo et al., 2005; Borém et al., 2008). No processamento e secagem do café, podem ocorrer transformações físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas (Leloup et al., 2004; Santos et al., 2009). Acredita-se, que as transformações poderão provocar a desorganização das membranas celulares em condições inadequadas de secagem. Em vários estudos, tem-se verificado que as membranas celulares são particularmente suscetíveis a danos estruturais durante o processo de secagem (Senaratna & McKersie, 1986; Guimarães et al., 2002). Alterações na membrana celular após a secagem podem ser identificadas pela (Borém et al., 2006) lixiviação de várias soluções citoplasmáticas e (Neya et al., 2004) em análises ultra-estruturais de tecidos após a embebição. A retirada da água induz a parede celular à contração e, conseqüentemente, à redução do volume celular, provocando uma aglomeração dos componentes citoplasmáticos, tornando o conteúdo da célula incrivelmente viscoso (Hoekstra et al., 2001). Os trabalhos

encontrados não relacionam, no entanto, a interferência desse fenômeno à preservação das membranas celulares e à qualidade física do café destinado para o consumo. Verificar se estes fenômenos ocorrem no endosperma durante a secagem e como os parâmetros de secagem interferem nesse processo, permitindo, assim, a obtenção de cafés de alta qualidade, torna-se de fundamental importância. Marques (2006), em análises ultraestruturais de grãos de café, observou que o aumento da temperatura induz nas membranas celulares ao rompimento, porém, não pôde avaliar o momento das rupturas, portanto, análises ultraestruturais, nos tecidos do endosperma, tornam-se importantes para mostrar a veracidade desses estudos (Neya et al., 2004; Marques, 2006). Considerando as poucas informações sobre o efeito dos métodos de processamento do café e processo de secagem, objetivou-se neste trabalho, analisar o efeito de diferentes métodos de secagem na manutenção da integridade da parede celular e da membrana plasmática de café despulpado e natural, buscando determinar as condições e o momento em que ocorrem as rupturas microscópicas.

MATERIALE MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Pólo de Tecnologia em Pós-Colheita do Café e nos Departamentos de Engenharia e de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras. O café (*Coffea arabica* L.) da variedade Topázio colhido manualmente no município de Santo Antônio do Amparo/MG, a 1100m de altitude. Toda a matéria-prima foi uniformizada por separação hidráulica e seleção manual, utilizando-se somente frutos cereja. Em seguida, cerca de 150 litros do café cereja foram levados diretamente para o terreiro, constituindo a parcela de café natural. Para a obtenção do café despulpado, cerca de 350 litros do café-cereja foram descascados e 150 litros de café com pergaminho foram colocados em um tanque de fermentação, onde permaneceram por um período de 20 horas. Em seguida, o café foi lavado (seis vezes) até a completa remoção da mucilagem remanescente. Uma parcela do café natural permaneceu por dois dias no terreiro, enquanto outra parcela do despulpado, por um dia, possibilitando assim que os frutos fossem levados para a secagem mecânica com as mesmas condições ambientais de temperatura e umidade relativa. As demais parcelas permaneceram no terreiro para secagem completa ao sol. Durante o tempo em que o café permaneceu no terreiro, foram realizados revolvimentos de meia em meia hora e monitoramento da temperatura e umidade relativa

do ar ambiente por meio de termohigrógrafo. A secagem mecânica foi conduzida em dois secadores de camada fixa com ar aquecido a 40°C e 60°C. A velocidade média do ar foi medida por meio de um anemômetro de pás na entrada da câmara de secagem. O fluxo de ar foi regulado para 20m³min⁻¹m⁻². Durante a secagem, monitorou-se a temperatura na massa de café, a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente. As temperaturas da massa de café foram medidas a cada 30 min, por meio de termopares tipo J colocados no centro da massa, em cada divisão da câmara de secagem. Para minimizar uma possível diferença de temperatura entre as quatro divisões, em razão da posição das resistências no plenum, foi realizado um rodízio das amostras a cada uma hora. Durante a secagem dos frutos de café em terreiro, as amostras foram coletadas no fim do período da manhã e no fim da tarde, durante os cinco primeiros dias e depois, diariamente, no fim da tarde. Na secagem mecânica foram coletadas amostras para a determinação do teor de água de hora em hora. A determinação do teor de água foi realizada pelo método padrão de estufa a 105 ± 3°C, durante 24 horas (Brasil, 1992). O experimento foi constituído por fatorial 2 x 3, sendo dois tipos de processamento (natural e despulpado) e três tipos de secagem (terreiro, temperatura de 40°C e 60 °C na massa) com três repetições. A amostragem foi realizada logo após a colheita e ao longo da secagem, retirando-se amostras com teores de água em torno de 65, 55, 40, 30, 20 e 11% (bu). As amostras para as análises microscópicas foram coletadas, fixadas e armazenadas em câmara fria durante todo o processo de secagem, simultaneamente, com a amostragem para determinação do teor de água. Dessa forma, foram coletadas e fixadas amostras além daquelas efetivamente previstas para serem analisadas no presente trabalho. Para se garantir que os valores de teor de água fossem obtidos, optou-se por coletar amostras em intervalos de cinco pontos percentuais, selecionando-se as amostras usadas no presente trabalho somente após conhecido o teor de água. Na amostragem, foram coletados e imediatamente resfriados com ar ambiente com vistas à redução do processo de remoção da água amostras de aproximadamente 100g de cada tipo de café de cada temperatura de secagem. Cinco grãos de cada amostra foram retirados aleatoriamente, seccionados manualmente de maneira a se obterem cortes transversais do endosperma com aproximadamente 1mm de espessura, os quais foram imersos em solução fixativa Karnovsky modificado (Glutaraldeído 2,5%, Paraformaldeído 2,0%, Tampão Cacodilato 0,05M, pH 7,2). As amostras foram retiradas da

solução e transferidas para líquido crio-protetor (glicerol 30%) por 30 minutos e cortadas longitudinalmente em nitrogênio. Os fragmentos obtidos foram transferidos para uma solução de tetróxido de ósmio 1% (3 gotas) e água para cobri-los por uma hora, lavados três vezes em água destilada e, subsequentemente, desidratados em série de acetona (25, 50, 75, 90 e 100%, por três vezes) e, levados para o aparelho de ponto crítico. Os espécimes obtidos foram montados em suportes de alumínio “stubs”, cobertos com ouro e observados em microscópio eletrônico de varredura LEO EVO 40 XVP. Foram geradas e registradas digitalmente várias imagens para cada amostra, nas condições de trabalho de 20 kv e distância entre 7 e 15 mm. As imagens geradas foram gravadas e abertas no Software Photopaint do pacote Corel Draw 12, onde foram selecionadas, preparadas e apresentadas neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações provocadas pelos efeitos de secagem nas estruturas da membrana celular do endosperma do café e, observadas nas imagens digitais estão apresentados na sequência. A temperatura de secagem teve interferência na resistência e predisposição estrutural da parede celular do endosperma. A degradação da membrana celular é mais acentuada com o aumento da temperatura, o que não se observa no processamento.

Os resultados das análises do endosperma de café natural e despulpado após o processamento e período de pré-secagem são apresentados nas Figuras 1 e 2.

Na fase inicial (Figura 1), observou-se no endosperma, tanto do café natural com teor de água 65,60 % (bu) quanto no do despulpado com teor de água 57,66 % (bu), que a célula está túrgida e expandida, o volume celular apresenta o conteúdo interno das células intacto e preenchido com o material celular e sem contração. Observa-se também que os espaços intercelulares são pouco visíveis. O café natural permanece com o fruto intacto, justificando a diferença no teor de água (% bu) das amostras.

Durante a pré-secagem (Figura 2), o café natural permaneceu por dois dias no terreiro, tempo que possibilitou reduzir o seu teor de água a 46,07 % (bu), enquanto o despulpado por um dia, a 41,76 % (bu), as células estão túrgidas e íntegras. O alto teor de água justifica a pré-secagem. Nessa fase, a remoção de água é realizada mais rapidamente.

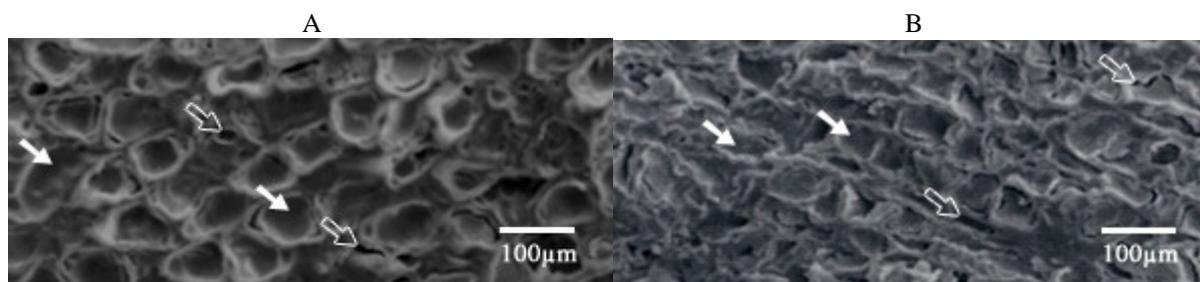


Figura 1 – Eletromicrografia de varredura do endosperma do café (A) despulpado com 57,66 % (bu) de teor de água e (B) natural com 65,60% (bu) de teor de água. Observe que o citoplasma ocupa praticamente todo o lúmen celular.

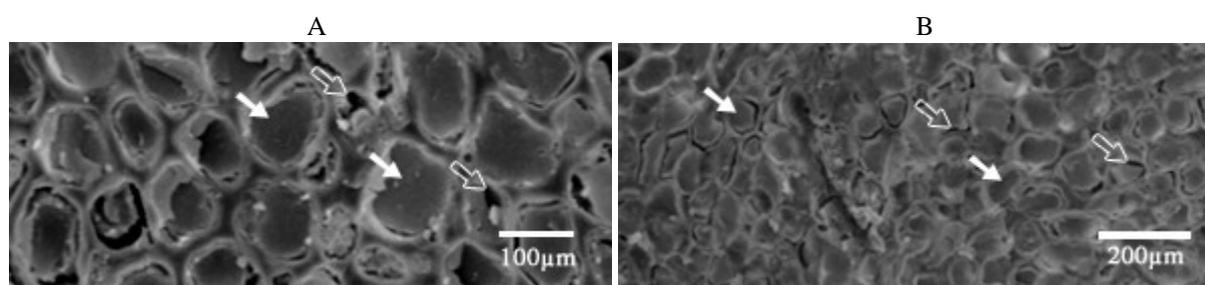


Figura 2 – Eletromicrografia de varredura do endosperma do café (A) despulpado com teor de água a 41,76% (bu) e (B) natural com teor de água a 46,07 % (bu) após a pré-secagem. Observe que o lúmen celular começa a se destacar.

Na secagem do café despulpado no terreiro (Tabela 1), observou-se um padrão similar à secagem a 40°C, diferenciando-se, no entanto, na intensidade e momento em que o fenômeno ocorreu durante a desidratação. Observou-se, um aumento na contração do volume celular com a redução do teor de água, mantendo-se íntegra a parede celular com os espaços intercelulares vazios. A 40% (bu) observou-se, a célula túrgida em alguns pontos e, em outros, contração do volume celular. À medida que o teor de água do café é reduzido 30% e 20% (bu), observa-se uma retração uniforme do volume celular, mantendo o conteúdo celular intacto, bem como os espaços intercelulares vazios. Quando o café apresenta teor de água de 11% (bu), o volume celular da célula está contraído, a contração não segue as mesmas formas da secagem mecânica a 40°C, porém foi lenta e gradual. Nesse caso, a integridade citoplasmática não é alterada. A diferença de contração pode ser associada a outros mecanismos em razão do longo tempo de exposição do produto para atingir o teor de água (11% bu). Talvez essa seja uma das razões de esse café superar os demais na qualidade da bebida, conforme os resultados sensoriais obtidos por Coradi et al. (2006).

Durante a secagem do café natural em terreiro (Tabela 1), verificou-se um padrão de contração celular similar ao observado no café despulpado. Porém, o fenômeno da contração celular, ocorreu em momentos diferentes. Observou-se durante a redução do teor de água, que a contração do volume celular não foi uniforme até 11%

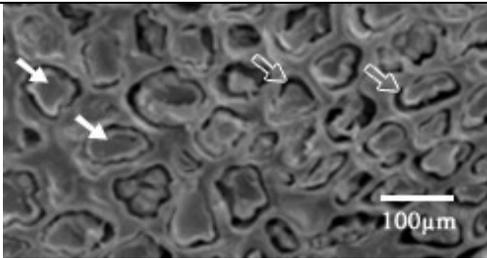
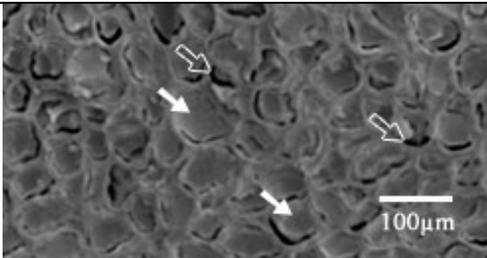
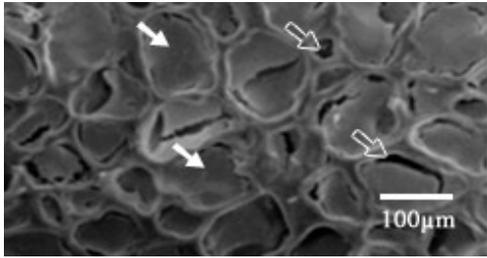
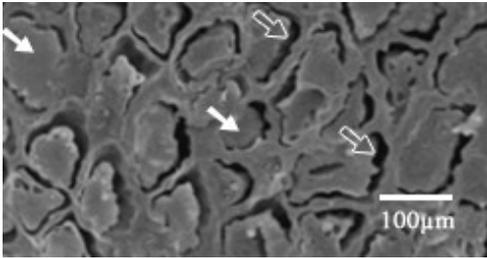
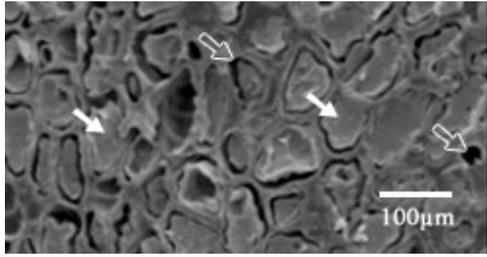
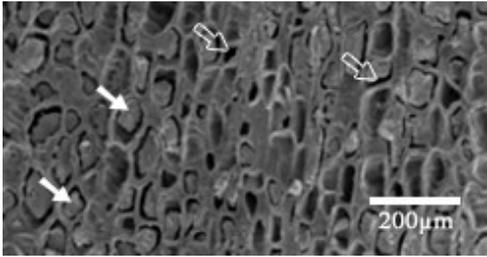
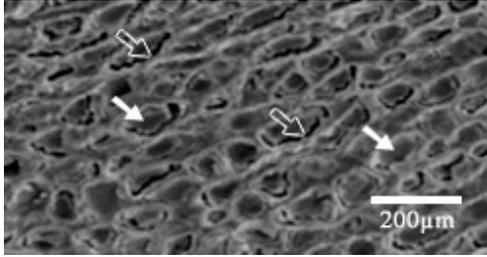
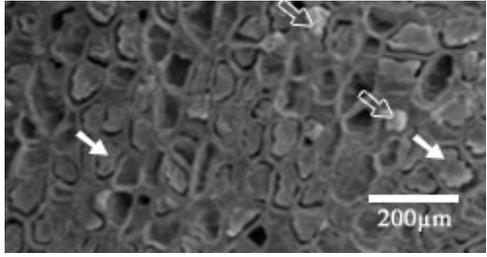
(bu) ser atingido. Entretanto, ressalta-se que, durante a dessecação manteve-se a integridade da parede e membrana celular. Deve-se lembrar que, em decorrência do elevado período de secagem em terreiro, o café ficou exposto à interferência de agentes externos, os quais podem trazer consequências negativas à qualidade. Essa suposição foi reforçada pelos resultados obtidos por Coradi et al. (2006) que relatam, nas análises sensoriais, bebidas inferiores para o café natural comparativamente ao café despulpado.

Verifica-se, com isso, que o processo de desidratação no terreiro para o café despulpado e natural, transcorreu em condições seguras, preservando a integridade das células de acordo com os resultados de Marques (2006). Além disso, observa-se que a contração foi gradativa ao longo da secagem, não havendo alteração na integridade celular nos teores intermediários de água entre 11 e 40% (bu) do café despulpado.

Os resultados das análises do endosperma de café despulpado e natural, durante a secagem em terreiro, nos teores de água (40, 30, 20, e 11% bu) são apresentados na Tabela 1.

Nos cafés despulpados (Tabela 2) submetidos à secagem a 40 e 60°C, verificou-se uma intensa redução do conteúdo celular até o teor de água de 30% (bu). Pela ausência do epicarpo e da mucilagem, barreira natural dos frutos do café à remoção da água, pode-se explicar esse fato. No entanto, considerando o fenômeno de contração, o padrão difere entre as temperaturas usadas. Para a

Tabela 1 – Eletromicrografias de varredura do endosperma dos cafés despulpado e natural, com teores de água dos grãos a 40, 30, 20 e 11% (bu), durante a secagem em terreiro. Observe que não há variação significativamente visível no lúmen celular.

| TEOR DE ÁGUA(%) | CAFÉ DESPOLDADO | CAFÉ NATURAL |
|-----------------|---|--|
| 40 |  |  |
| 30 |  |  |
| 20 |  |  |
| 11 |  |  |

temperatura de 40°C, sob o teor de água de 40% (bu), pôde-se visualizar a célula túrgida e seu volume celular com expansão máxima. Por outro lado, sob o teor de água de 11% (bu), condição segura para o armazenamento dos cafés, observou-se o citoplasma celular intacto, apesar do volume celular contraído, a integridade celular foi mantida. Da mesma maneira, a retração da parede celular pela exposição ao estresse térmico não interferiu na estabilidade da célula nos teores intermediários de água entre 11 e 40% (bu) do café despulpado, ao passo que, para a temperatura de 60°C, ocorre expansão do citoplasma celular entre os teores de água de 30 e 20% (bu), voltando a contrair-se até

o teor de água de 11% (bu) ser atingido. Observou-se, na maioria das células, que a integridade da parede celular sofreu desestabilização, pois, o lúmen celular estava preenchido no teor de água 20% (bu). Essas observações podem ser interpretadas como um indicativo de que a integridade celular foi mantida na secagem com temperatura de 40°C e comprometida com a secagem, com temperatura de 60°C. Com essas observações, concluiu-se que o processo de desidratação transcorreu em condições inadequadas, afetando a integridade das células de acordo com os resultados de Marques (2006). Além disso, observou-se que a 60°C a contração, em alguns momentos,

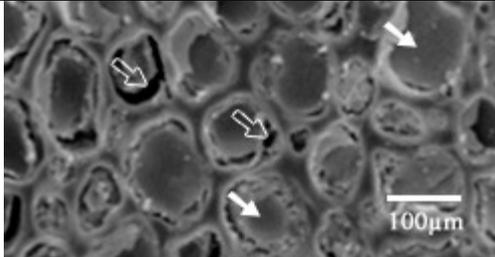
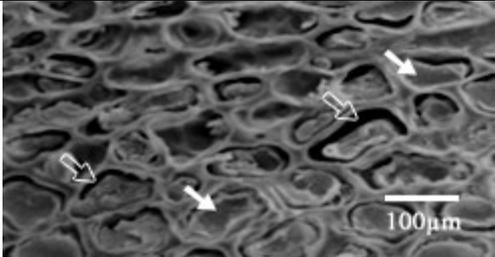
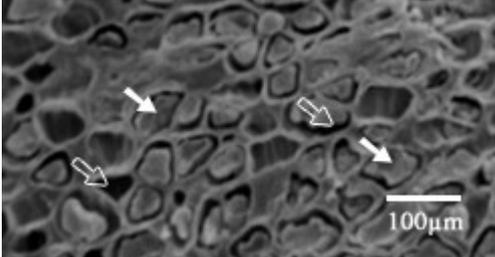
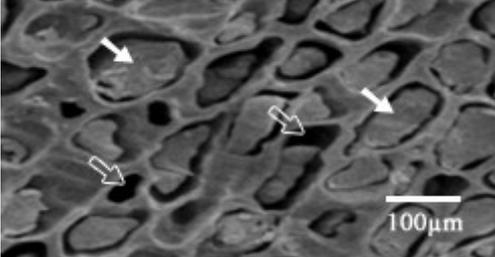
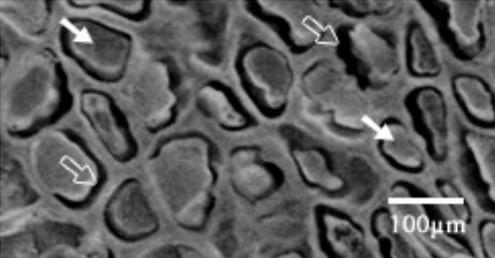
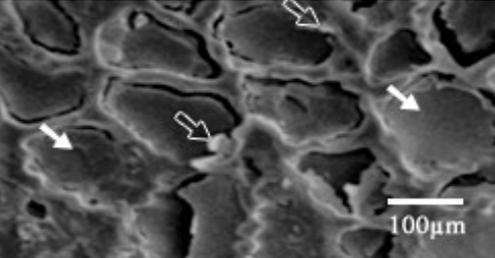
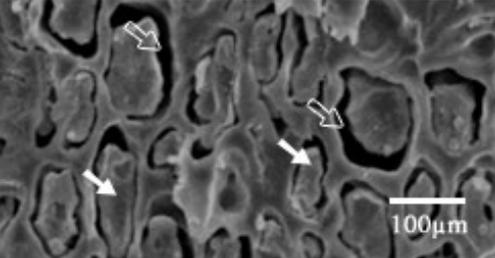
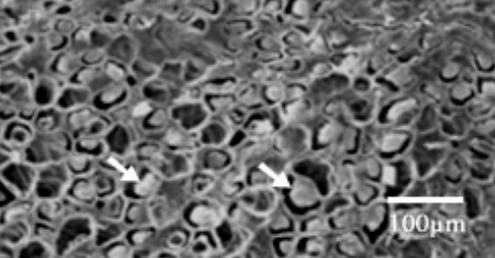
ao longo da secagem, foi brusca, havendo alteração na integridade celular nos teores intermediários de água entre 40% e 11% (bu) do café despulpado.

Os resultados das análises do endosperma de café despulpado, durante a secagem a 40 e 60°C, nos teores de água (40, 30, 20, e 11% bu) são apresentados na Tabela 2.

No café natural (Tabela 3), durante a secagem a 40°C observou-se que o citoplasma contraiu-se gradativamente, com pequenas oscilações no seu conteúdo até atingir o teor de água de 11% (bu). Por outro

lado, na secagem a 60°C, o citoplasma contraiu-se de forma gradual até o teor de água 30% (bu), conseqüentemente, reduzindo seu volume celular, entretanto, até esse ponto, o conteúdo interno das células apresentou-se intacto e preenchido com o material celular e o espaço entre a membrana plasmática e a parede celular, bem como os espaços intercelulares, apresentaram-se vazios. Entretanto, de 30 a 20% (bu) de teor de água o volume celular expandiu-se, em seguida, a célula contraí-se até atingir o teor de água de 11% (bu). Apesar de se ter observado o mesmo

Tabela 2 – Eletromicrografias de varredura do endosperma dos cafés despulpados durante a secagem a 40°C e a 60°C com teores de água dos grãos a 40, 30, 20 e 11% (bu). Observe que há variação significativamente visível no lúmen celular nos teores intermediários de água (bu), bem como, alteração na integridade celular com teor de água 11% (bu) durante a secagem a 60°C.

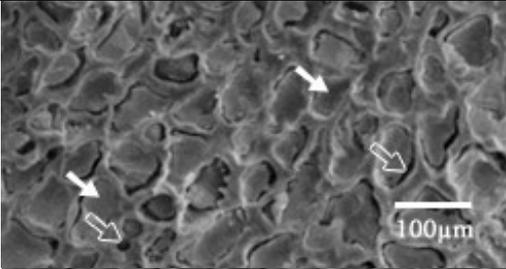
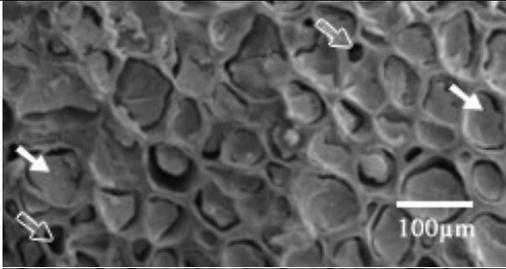
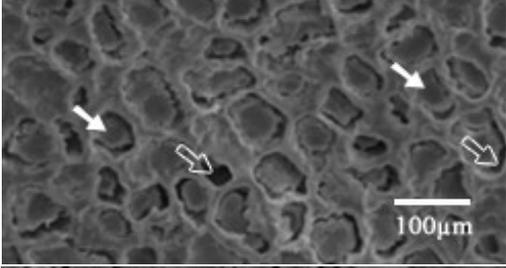
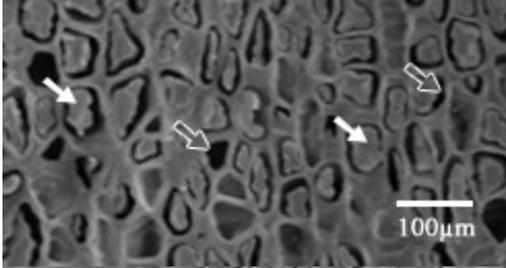
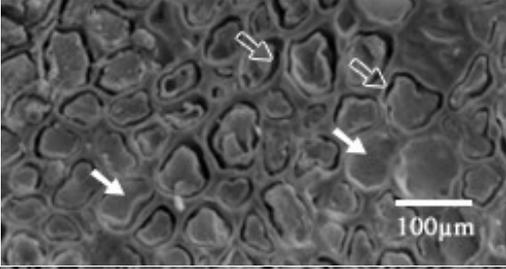
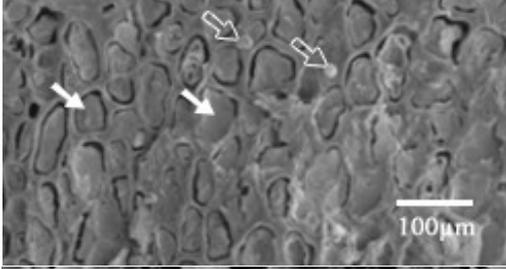
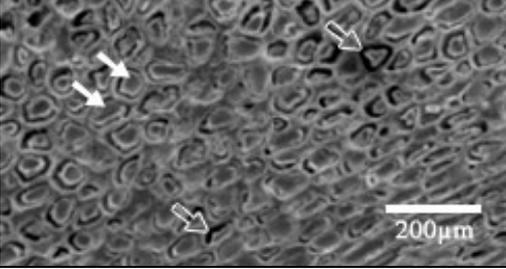
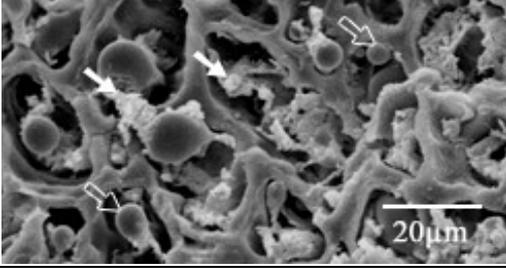
| TEOR DE ÁGUA(%) | CAFÉ DESPOLPADO SECAGEM A 40°C | CAFÉ DESPOLPADO SECADOR A 60°C |
|--------------------|---|--|
| 40 |  |  |
| 30 |  |  |
| 20 |  |  |
| 11 |  |  |

padrão para todos os métodos de secagem, a intensidade em que ocorre a contração é maior na secagem a 60°C. Essa rápida redução pode comprometer a integridade da membrana citoplasmática, resultando no extravasamento do citoplasma, observado, entre o teor de água de 30 e 20% (bu). No teor de água de 11% (bu), verificaram-se alguns pontos salientes em forma de gota, o que, provavelmente, refere-se à concentração de óleos no perímetro interno da membrana em forma globular, como observado por Marques (2006) nos cafés pergaminho.

Verifica-se, com isso, mesmo havendo oscilações na contração ao longo da secagem, nos teores intermediários de água entre 11 e 40% (bu) do café despulpado, que o processo de desidratação a 40°C, transcorreu em condições seguras, preservando a integridade das células de acordo com os resultados de Marques (2006).

Os resultados das análises do endosperma com grãos de café natural, durante a secagem à temperatura de 40°C e 60°C, nos teores de água do café (40, 30, 20, e 11% bu) são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Eletromicrografia de varredura do endosperma dos cafés natural durante a secagem a 40°C e a 60°C com teores de água dos grãos a 40, 30, 20 e 11% (bu). Observa-se a contração do citoplasma, bem como, alteração visível no lúmen celular nos teores intermediários de água (bu), além, pontos salientes em forma de gota com teor de água 11% (bu) durante a secagem a 60°C.

| TEOR DE ÁGUA(%) | CAFÉ NATURAL SECAGEM 40°C | CAFÉ NATURAL SECAGEM 60°C |
|-----------------|---|--|
| 40 |  |  |
| 30 |  |  |
| 20 |  |  |
| 11 |  |  |

CONCLUSÕES

Durante a secagem em terreiro e à temperatura de 40°C, as membranas se mantiveram íntegras, já à temperatura de 60°C até a célula do endosperma dos grãos de café atingir o teor de água de 30% (bu).

Identificou-se, o comprometimento da estrutura celular das células do endosperma nos teores de água entre 30% e 20% (bu).

A temperatura de 60°C pode ser usada, para a desidratação dos cafés despulpado e natural, entretanto, ressalta-se que o café deve estar com teor de água superior a 30% (bu).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATHIÉ, I.; CASTRO, M.F.P.M.; GOMES, R.A.R.; VALENTIN, S.R. de T. **Conservação de Grãos**. Campinas: Fundação Cargil, 1998. 236p.
- BORÉM, F.M. **Cafecultura empresarial: produtividade e qualidade: pós-colheita do café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 103p. (Textos acadêmicos).
- BORÉM, F.M.; CORADI, P. C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p. 1609-1615, set./out., 2008.
- BORÉM, F.M.; RIBEIRO, D.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; ROSA, S.D.V.F. da; MORAIS, A.R. de. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.1, p.55-63, abr./jun. 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 356p.
- CORADI, P.C.; BORÉM, F.M.; SAATH, R.; OLIVEIRA, E. Efeito dos diferentes tipos de secagem e armazenamento na cor dos grãos de café natural e despulpado armazenados a 60% de umidade relativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 32., 2006, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas, 2006. p.153-154.
- GUIMARÃES, R.M.; VIEIRA, M.G.G.C.; FRAGA, A.C.; PINHO, E.V.R.V.; FERRAZ, V.P. Tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.128-139, jan./fev. 2002.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic, 1972. v.3, p.145-245.
- HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, London, v.6, n.9, p.431-438, Sept. 2001.
- LELOUP, V.; GANCEL, C.; LIARDON, R.; RYTZ, A.; PITHON, A. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Resumes...** Bangalore: ASIC, 2004. CD-ROM.
- MARQUES, E.R. **Alterações químicas, sensoriais e microscópicas do café cereja descascado em função da taxa de remoção de água**. 2006. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- MARQUES, E. R.; BORÉM, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; BIAGGIONI, M. A. M. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes períodos e temperaturas de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1557-1562, set./out., 2008.
- NEYA, O.; GOLOVINA, E.A.; NIJASSE, J.; HOEKSTRA, F.A. Ageing increases the sensitivity of neem (*Azadirachta indica*) seeds to imbibitional stress. **Seed Science Research**, Wallingford, v.14, n.2, p.205-217, June 2004.
- RIBEIRO, D.M.; BORÉM, F.M.; ANDRADE, E.T. de; ROSA, S.D.V.F. da. 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. Edição especial.
- SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. M.; PIMENTA, C. J. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição, físico-química e química do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p. 213-218, jan./fev., 2009.
- SENARATNA, T.; MCKERSIE, B.D. Loss of desiccation tolerance during seed germination: a free radical mechanism of injury. In: LEOPOLD, A.C. (Ed.). **Membranes, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Corneell University, 1986. p.85-101.
- SFREDO, M.A.; FINZER, J.R.D.; LIMAVERDE, J.R. Heat and mass transfer in coffee frits drying. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.70, p.15-25, 2005.