

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE GRÃOS DE CAFÉ, PROCESSADOS E SECADOS DE DIFERENTES MÉTODOS, ASSOCIADOS À QUALIDADE SENSORIAL

Pedro Damasceno Oliveira¹, Flávio Meira Borém², Eder Pedroza Isquierdo³,
Gerson da Silva Giomo⁴, Renato Ribeiro de Lima⁵, Renan Alves Cardoso⁶

(Recebido: 9 de fevereiro de 2012; aceito: 10 de agosto de 2012)

RESUMO: Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a qualidade sensorial e fisiológica dos grãos de café processados e secados de diferentes formas. 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 em temperaturas alternadas: 50/40°C, 60/40°C e 40/60°C, onde a temperatura foi alterada quando os grãos de café atingiram teor de água de 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, os cafés foram degustados segundo o sistema de avaliação proposto pela Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA). Além da análise sensorial foram feitas as análises da composição físico-química e qualidade fisiológica dos grãos de café. As análises físico-químicas e fisiológicas envolveram: acidez graxa, lixiviação de potássio, condutividade elétrica e germinação. Foram obtidos resultados interessantes. Os café secados em terreiro apresentaram os melhores resultados sensoriais, fisiológicos e físico-químicos, quando comparados com os secados em secador. O café despulpado foi mais tolerante à secagem do que o café natural, independente da forma com foi secado, apresentando melhor qualidade final do produto. Pode-se observar ainda que a elevação da temperatura de secagem, na fase final do processo de secagem, promove danos aos grãos, os quais reduzem sensivelmente a qualidade da bebida, confirmando pesquisas já existentes.

Termos para indexação: Pós-colheita; análise de bebida; qualidade fisiológica.

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF COFFEE BEANS, PROCESSED AND DRIED THROUGH DIFFERENT METHODS, ASSOCIATED WITH SENSORY QUALITY

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the physiological and sensory quality of coffee beans processed and dried in different manners. The experiment was conducted with two types of processing - dry and wet processing, and four drying methods - drying in a drying yard, and mechanical drying with heated air at three alternating temperatures (50/40°C, 60/40°C and 40/60°C) where the temperature was changed when the coffee beans reached moisture content of 30% ± 2% (w.b.), with supplementation of drying until achieving 11% ± 1% (w.b.). The mechanical drying system used consisted of three fixed bed dryers, which allows control of temperature and flow drying rate. After application of the treatments, the coffees were sampled according to the evaluation system proposed by the Specialty Coffee Association of America (SCAA). In addition to sensory analysis, analyses were made of the physical-chemical and physiological quality of the coffee beans. The physical-chemical and physiological analyses involved: fatty acid composition, leaching of potassium, electrical conductivity and germination. Interesting results were obtained. Coffee dried in the drying yard showed better sensory, physiological and physical-chemical results when compared with that dried in a dryer. Pulped coffee was more tolerant to drying than natural coffee, regardless of the way it was dried, showing better final quality of the product. Moreover, it may be observed that the increase in drying temperature in the final phase of the drying process leads to grain damage, which notably reduces beverage quality, confirming existing research.

Index terms: post-harvest, beverage analysis, physiological quality.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade de produtos alimentícios é de difícil definição e seus padrões qualitativos variam de acordo com o tipo de mercado. Porém, de modo mais amplo, pode-se definir a qualidade como a satisfação

total do consumidor, considerando o conjunto de características do produto e sua comparação com padrões estabelecidos (BORÉM, 2008).

Para se obter cafés com boa qualidade, vários fatores são importantes, tais como: composição química do grão, determinada por

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP - Fazenda Lageado - Portaria I: Rua José Barbosa de Barros, nº 1780 - 18.610-307 - Botucatu-SP - damascenoeng@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG flavioborem@deg.ufla.br

³Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras-MG eder.isquierdo@yahoo.com.br

⁴Instituto Agrônomo de Campinas/IAC - Av. Barão de Itapura, 1481 - Cx. P. 28 - 13012-970 - Campinas - SP gsggiomo@yahoo.com.br

⁵Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG rrlima@dex.ufla.br

⁶Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG rennanalves@yahoo.com.br

fatores genéticos e ambientais; o processamento e conservação do grão, no qual intervém a ação da teor de água e da temperatura, evitando infecções microbianas indesejáveis; a torração e o preparo da infusão, que modificam a constituição química do grão e que resultam no sabor e aroma percebidos no momento da degustação (BORÉM, 2008).

Com relação aos métodos de processamento para o café, atualmente, existem: 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 descascados, resultado da remoção mecânica da casca e, parcialmente, da mucilagem do fruto; os cafés despulpados, originados de frutos descascados mecanicamente com a mucilagem remanescente removida por fermentação; e os cafés desmucilados, resultado da remoção mecânica tanto da casca quanto da mucilagem (BORÉM et al., 2008).

Uma das vantagens da remoção da casca e da mucilagem do café é a obtenção de lotes mais homogêneos, o que facilita a etapa de secagem e permite maior controle sobre a qualidade final do produto. A rápida eliminação da casca e da mucilagem, por serem fontes de fermentação e retardarem a secagem, facilita a obtenção de cafés de boa bebida, independente da zona de produção e, quando bem preparados, são sempre classificados como bebida de alto valor comercial.

A secagem do café é tradicionalmente realizada em terreiros, usando a energia solar e o movimento natural do ar para a remoção da água ou em secadores mecânicos que usam ar forçado aquecido a diferentes temperaturas. No entanto, frequentemente aplica-se a combinação desses dois tipos de secagem, utilizando-se um período de secagem em terreiros, quando o café ainda possui elevado teor de água, e a complementação da secagem é realizada em secadores mecânicos, com temperaturas variando entre 40°C a 60°C (SAATH, 2006).

Kleinwächter e Selmar (2010), estudando a influência da temperatura de secagem em grãos de café natural e despulpado, demonstraram que durante o processo de secagem, no momento em que os grãos de café se encontram com alto teor de água, inúmeras reações metabólicas ocorrem de forma notável. Segundo Malta, Pereira e Chagas (2005), os compostos químicos presentes nos grãos de café são reflexos de uma série de fatores que, somados, conferem ao café sabor e aroma peculiares. Entre eles, podem-se destacar fatores genéticos e ambientais e as condições de manejo

na produção e processamento pós-colheita. A análise sensorial juntamente com as análises fisiológicas e físico-químicas como a lixiviação de potássio, condutividade elétrica, germinação e cor podem elucidar a ação desses fatores durante o processamento e secagem do café.

A análise sensorial tem sido uma ferramenta muito importante na caracterização dos diferentes tipos de café. Um dos métodos para a avaliação sensorial que se tem destacado para a avaliação da qualidade da bebida de cafés especiais é o da Specialty Coffee Association of America (SCAA) que se baseia em uma análise sensorial descritiva quantitativa da bebida (LINGLE, 2001).

A análise fisiológica dos grãos de café pode ser usada como uma ferramenta auxiliar na análise sensorial para avaliação da qualidade do café. Bytof et al. (2007) observaram alterações bioquímicas durante o processamento relacionadas ao metabolismo da germinação, cuja extensão depende do tratamento, se via úmida ou via seca. Esses autores, no entanto, não fizeram correlação com métodos de secagem.

O teste de lixiviação de potássio, assim como o de condutividade elétrica, indicam possíveis danos ao sistema de membranas celulares (PRETE, 1992). 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 ocorridos durante a secagem, causando alterações indesejáveis à qualidade de bebida. Os grãos com membranas mal estruturadas, desorganizadas e danificadas lixiviam maior quantidade de solutos, apresentando maiores lixiviação de potássio e condutividade elétrica (PRETE, 1992). Marques et al. (2008) verificaram maiores danos no sistema de membranas celulares dos grãos com o aumento da temperatura de secagem.

A acidez em grãos de café tem sido apontada como um bom indicativo da qualidade do produto. Pequenas quantidades de ácidos graxos são necessárias para conferir acidez essencial à bebida do café, ou seja, quanto menores são os valores de acidez graxa melhor é a qualidade final do produto em estudo (SOARES, 2003). Segundo Biaggioni e Ferreira (1998), durante o armazenamento de milho, a hidrólise do material graxo iniciou-se antes da hidrólise de carboidratos ou proteínas. Portanto, o teor de ácidos graxos livres pode ser usado como um indicador da deterioração dos grãos. Dessa forma, o uso do teste de ácidos graxos livres pode ser um importante indicativo no monitoramento da qualidade das sementes,

a partir da maturidade, pois a queda do vigor antecede a perda da viabilidade.

Saath (2006), estudando o efeito da utilização de temperaturas entre 40°C e 60°C sobre as estruturas celulares dos grãos de café, concluiu que os maiores danos ocorreram entre os teores de água 30% (b.u.) e 20% (b.u.), não havendo danos significativos quando esses estavam com teores de água acima de 30% (b.u.), independentemente da temperatura utilizada. Sendo assim, uma tecnologia que envolva a utilização de altas temperaturas quando os grãos estão com teor de água acima de 30% (b.u.), seguida de baixas temperaturas, pode contribuir para a manutenção da qualidade dos grãos de café, devido ao menor tempo de exposição do produto à secagem.

Neste contexto, objetivou-se analisar o efeito de diferentes métodos de processamento e de secagem com temperaturas alternadas na manutenção da qualidade fisiológica, físico-química e sensorial do café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com café cereja (*Coffea arabica* L. cv. Rubi), colhido na Universidade Federal de Lavras, UFLA, em lavoura com altitude média de 975 metros. 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 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.). Terminada a secagem realizou-se a análise sensorial no Laboratório do Pólo de Tecnologia Pós-colheita e as análises fisiológicas no Laboratório de Análise de Sementes e no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Lavras.

Para o processamento do café via seca, os frutos foram lavados e separados hidraulicamente. Cada parcela foi constituída de 20 litros de café em coco. Após esse procedimento, uma parcela do café natural, foi levada para o terreiro para a secagem completa e as outras parcelas submetidas à pré-secagem de dois dias em terreiro antes de ser transferida para o secador.

Para o processamento do café via úmida, os frutos maduros, foram descascados mecanicamente em despolpador da marca Pinhalense S.A.,

modelo DC-6D. Após o descascamento, o café foi submetido à fermentação em água para a remoção da mucilagem, em condições ambiente, com temperatura média de 20°C, por 20h. Em seguida, os cafés em pergaminho foram lavados com água até a retirada completa da mucilagem. Quando a mucilagem foi totalmente removida, uma parcela do café em pergaminho foi levada para o terreiro para a secagem completa e as outras parcelas submetidas à secagem de um dia em terreiro antes de ser transferida para o secador. Cada parcela de café em pergaminho foi constituída de 20 litros.

Para a secagem em terreiro após o processamento, o café permaneceu sob condições ambientes. Esses cafés foram esparramados em camadas finas grão-a-grão, e com o decorrer da secagem sua camada foi sendo dobrada, de acordo com a metodologia proposta por Borém (2008). A temperatura e o teor de água relativa do ambiente, durante o período de secagem, foram monitorados com termohigrógrafo.

Após o período de um dia de secagem em terreiro, as parcelas foram conduzidas para três secadores de camada fixa, os quais permitem o controle do fluxo e da temperatura (T) do ar de secagem com precisão, através de um painel eletrônico. A camada de grãos atingiu a espessura de 20 cm. O fluxo do ar foi controlado a 20 m³.min⁻¹.m⁻², correspondendo a uma velocidade de 0,33m.s⁻¹.

O momento de transição de uma temperatura para a outra, no caso dos tratamentos com ar aquecido a 50/40°C, 40/60°C e 60/40°C, foi determinado da seguinte forma:

O controle do teor de água dos grãos durante a secagem foi feito a partir do teor de água inicial do café proveniente do terreiro, o qual tornou possível o monitoramento da variação de massa nas respectivas amostras. O teor de água do café foi determinado pelo método padrão ISO 6673 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO, 1999).

Para determinar o momento de transição da temperatura do ar, cada bandeja contendo a parcela experimental foi pesada a cada hora e o teor de água foi determinado por diferença de massa, aplicando-se as equações abaixo. Quando cada gaveta atingiu a massa relativa ao teor de água de 30% ± 2% (b.u.) a temperatura foi mudada, permanecendo assim até o café atingir 11% (b.u.).

$$M_f = M_i - \left(\frac{MixPQ}{100} \right) \quad PQ = \left[\frac{(U_i - U_f)}{(100 - U_f)} \right]$$

em que: Mf: massa final (kg); Mi: massa inicial (kg); PQ: porcentagem de quebra (%); Ui: teor de água inicial (% b.u.); Uf: teor de água final (% b.u.).

Após a secagem e resfriamento, o café em pergaminho e natural permaneceu armazenado em sacos de polietileno em ambiente com temperatura de 18°C, monitorado por termopares.

A análise sensorial, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, cor e germinação se iniciaram após um período de 30 dias de armazenamento de cada parcela. Período mínimo exigido para que os componentes do grão de café se reorganizem e, assim, possam se expressar em sua plenitude.

A análise sensorial foi realizada por dois Juízes Certificados de Cafés Especiais (SCAA Certified Cupping Judges). Foi utilizado o protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais. Em cada avaliação sensorial foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada amostra, realizando-se uma sessão de análise sensorial para cada repetição, totalizando três repetições para cada tratamento.

Para a avaliação da qualidade fisiológica e físico-química dos grãos, foram realizados os seguintes testes: germinação, condutividade elétrica e lixiviação de potássio. O teste de protrusão radicular, germinação e folhas cotiledonares abertas foi realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes, distribuídas em papel de germinação umedecido com quantidade de água equivalente a duas vezes e meia a massa do substrato seco e, colocadas para germinar à temperatura de 30°C. As avaliações foram realizadas aos 15, 30 e 45 dias, respectivamente, após a semeadura, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem.

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 75 mL de água destilada no interior de copos plásticos de 180 mL 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, expressando-se o resultado em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de grãos.

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, expressando-se o resultado em ppm.

Para a realização da análise de acidez graxa foram utilizadas amostras de café armazenadas por 6 meses (MARQUES et al., 2008) em câmara fria com temperatura de 18°C. A acidez graxa foi determinada por titulação, de acordo com o método descrito pela American Association of Cereal Chemists - AACC (1995). Foram pesados 40g da amostra de café moído e adicionados 100 mL de tolueno, colocado para agitar durante 1 hora e 30 minutos. Em seguida, realizou-se a filtração com papel de filtro. Misturaram-se, em um erlenmeyer, 25 mL da solução filtrada com 25 mL de etanol (95% v/v) mais fenoltaleína (0,04% m/v) e, em seguida titulou-se a solução com (KOH) na concentração de 0,025 mol.L⁻¹, até atingir o ponto de virada, o qual foi determinado quando a coloração passou do amarelo claro para o rosa claro. O resultado do teor da acidez graxa foi expresso em mL de KOH/100 g de MS.

Os dados obtidos das análises químicas, sensorial e fisiológicas do café foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa computacional Sisvar 4.0 e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 1% e Tukey, ao nível de significância de 1%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de teor de água no início e no final da secagem mecânica, bem como a umidade relativa de secagem antes de 30% (b.u.) e após 30% (b.u.) e o tempo total de secagem, para cafés processados por via seca e por via úmida.

A remoção do exocarpo e do mesocarpo no processamento úmido do café contribui na redução do tempo de secagem desses cafés. Observa-se, na Tabela 1, que, mesmo tomando-se o cuidado em deixar o café natural por maior período de pré-secagem no terreiro, os teores de água iniciais dos cafés naturais foram superiores quando comparados aos cafés despulpados. Entretanto, essa diferença seria muito superior caso a secagem com ar aquecido do café natural se iniciasse logo após sua colheita (SAATH et al., 2010).

TABELA 1 – Valores médios do teor de água, umidade do ar de secagem e tempo total de secagem, para cada tratamento de secagem e processamento - Lavras - 2009.

Tratamento de secagem	Processamento	Teor de água (% b.u.)		Umidade do ar de secagem (%)		Tempo secagem (h)	
		Início	Final	Antes 30% (b.u.)	Após 30% (b.u.)	Antes 30% (b.u.)	Total
50/40°C	Despolpado	43,57	11,27	12,72	21,27	3,5	26
50/40°C	Natural	46,12	11,31	12,72	21,27	6	61
60/40°C	Despolpado	43,52	10,80	7,88	21,27	3	19
60/40°C	Natural	46,61	11,22	7,88	21,27	5	58
40/60°C	Despolpado	42,57	10,49	21,27	7,88	6	13
40/60°C	Natural	44,24	11,35	21,27	7,88	12	38
Terreiro	Despolpado	42,95	11,02	-	-	-	156
Terreiro	Natural	46,13	11,21	-	-	-	264

A avaliação de cafés segundo a metodologia proposta pela SCAA (além da nota global da bebida, são importantes as pontuações obtidas em cada um dos atributos que compõem a qualidade global do café, tendo em vista a identificação de características sensoriais distintas entre diferentes amostras e, ao mesmo tempo, descreverem as notas ou nuances específicas de fragrância e sabor encontradas em uma determinada amostra.

As notas médias dos atributos acidez, corpo e finalização são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2 – Valores médios das notas dos atributos acidez, corpo e finalização para cada tratamento de secagem Lavras - 2009.

Tratamento de secagem	Acidez	Corpo	Finalização
Terreiro	7,15 A	7,02 A	6,92 A
50/40°C	6,81 B	6,91 B	6,63 B
60/40°C	6,75 B	6,88 B	6,56 B
40/60°C	6,90 B	6,83 B	6,42 B
Média	6,90	6,91	6,63
CV (%)	3,00	2,15	4,58

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 2, que não houve efeito significativo do processamento sobre os atributos avaliados acima, indicando que a remoção do exocarpo e mesocarpo, nesse caso, não contribuiu na alteração desses atributos. Esse resultado difere dos encontrados na literatura, onde os cafés naturais normalmente

apresentam maior corpo, quando comparados com os cafés em pergaminho, e que esses últimos apresentam maior acidez do que os cafés naturais. Nota-se, também que os cafés secados com ar aquecido tiveram menores valores de acidez, corpo e finalização, quando comparados com os cafés secados em terreiro, indicando pior qualidade sensorial desses cafés, segundo o protocolo da metodologia Americana para cafés especiais. Esse fenômeno pode estar relacionado com possíveis alterações nas estruturas celulares dos grãos de café. Os menores valores do atributo corpo nesses cafés pode ter ocorrido devido à redução de sólidos dissolvidos na bebida, causados por alterações nos constituintes das células, indicar perda de qualidade do produto (LINGLE, 2001).

Na Tabela 3 são apresentadas as notas médias dos atributos equilíbrio e impressão global para cada tratamento de secagem e processamento.

Encontram-se na Tabela 3 os maiores valores dos atributos, equilíbrio e impressão global, para os grãos de café secados em terreiro, apontando uma maior sinergia entre os outros atributos, quando comparados aos cafés secados com ar aquecido, de acordo com Lingle (2001). Os menores valores desses atributos, dados aos cafés secados com ar aquecido, indicam possíveis desequilíbrios entre os componentes celulares dos grãos de café. Observa-se, também, que os menores valores para equilíbrio e impressão global, foram encontrados no tratamento de secagem 40/60°C, apontado que os danos aos componentes que expressam as características sensoriais foram maiores nesses cafés.

Esse efeito já foi observado por Taveira (2009), indicando que, quanto menor o teor de água do café o aumento da temperatura de secagem tem efeito negativo na qualidade final

do produto. A secagem com ar aquecido, com temperaturas de 50/40°C e 60/40°C, apresentou valores intermediários para esses atributos, supondo ocorrência de danos menos severos, quando comparados a secagem 40/60°C.

TABELA 3 – Valores médios das notas dos atributos equilíbrio e impressão global para cada tratamento de secagem e processamento - Lavras - 2009.

Tratamento de secagem	Equilíbrio	Impressão global
Terreiro	6,96 A	7,19 A
50/40°C	6,71 B	6,85 B
60/40°C	6,65 B	6,71 B
40/60°C	6,44 C	6,46 C
Processamento	Equilíbrio	Impressão global
Despolpado	6,80 A	6,96 A
Natural	6,57 B	6,65 B
Média	6,69	6,80
CV (%)	3,28	4,59

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

Em relação ao tipo de processamento utilizado, verifica-se que os cafés despolpados apresentaram melhores resultados quando comparados aos cafés naturais, tanto para o atributo impressão global quanto para o equilíbrio. Taveira (2009) observou que os cafés despolpados tiveram maior tolerância a altas temperaturas comparados com os cafés naturais, fato que pode estar relacionado ao menor tempo de exposição à secagem e, conseqüentemente, à manutenção de sua qualidade sensorial.

Na Tabela 4 são apresentados os desdobramentos do efeito do tratamento de secagem para cada tipo de processamento dos grãos de café em relação aos atributos fragrância, sabor e pontuação total.

Observa-se que o tratamento de secagem 40/60°C reduziu, significativamente, as notas de fragrância/aroma e sabor dos cafés despolpados, resultando na menor nota total da bebida para esses cafés. Esse tratamento foi o único que teve efeito significativo nas notas dos atributos dos cafés despolpados.

De acordo com Saath (2006), as membranas celulares dos grãos de café são especialmente danificadas quando os teores de água do café estiverem entre 30% a 20% (b.u), utilizando temperatura de secagem de 60°C constante para os cafés despolpado e natural, fato que podemos observar nesse experimento quando da utilização da secagem 40/60°C.

Em relação aos tratamentos de secagem 50/40°C e 60/40°C, verificam-se diferenças entre os valores médios dos atributos dependendo do tipo de processamento utilizado, se despolpado ou natural. Os maiores valores encontrados para esses atributos, para os tratamentos de secagem 50/40°C e 60/40°C, ocorreram nos cafés despolpados. Nota-se, para os cafés naturais, que o uso de ar aquecido a 50°C e 60°C no início do processo de secagem foi extremamente prejudicial na manutenção de suas características sensoriais, indicando uma maior sensibilidade desses cafés ao aumento da temperatura de secagem, o que não ocorreu com os cafés despolpados. Pelos resultados apresentados, pode-se inferir que os cafés despolpados são mais tolerantes ao processo de secagem com ar aquecido somente nas temperaturas de 50/40

TABELA 4 – Valores médios das notas dos atributos fragrância, sabor e total para a interação tratamentos de secagem e processamentos - Lavras -2009.

Tratamento de secagem		Terreiro	50/40°C	60/40°C	40/60°C
Fragrância/Aroma	Despolpado	7,13 a	7,25 aA	7,08 aA	6,42 b
	Natural	7,08 a	6,46 aB	6,50 aB	6,63 a
Sabor	Despolpado	7,17 a	7,08 aA	7,04 aA	6,54 b
	Natural	7,04 a	6,54 aB	6,38 bB	6,50 a
Total	Despolpado	79,54 a	79,08 aA	78,67 aA	75,96 b
	Natural	79,33 a	76,29 bB	75,54 bB	75,88 b

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas linhas, para cada atributo, e maiúsculas nas colunas, para cada tratamento de secagem, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

e 60/40. O uso da temperatura de secagem de 60°C no final do processo teve efeito prejudicial equivalente para os dois processamentos.

Kleinwächter e Selmar (2010) observaram que durante o processo de secagem a ação mais danosa na formação dos precursores sensoriais da qualidade do café ocorre quando altas temperaturas são usadas no momento de baixo teor de água nos grãos, o que corrobora com os resultados aqui apresentados.

Na Tabela 5 são apresentados os desdobramentos do efeito do tratamento de secagem para cada tipo de processamento dos grãos de café em relação à sua qualidade fisiológica.

Verifica-se na Tabela 5, que o tipo de processamento e secagem do café teve influência significativa nas avaliações fisiológicas. Para os cafés secados em terreiro, os menores valores, em todas as avaliações realizadas, foram encontrados nos cafés naturais, indicando que ocorreram danos fisiológicos mais intensos nos grãos desses cafés. Os maiores valores encontrados para protrusão

radicular, germinação e folhas cotiledonares abertas foram para os cafés despulpados.

Resultado semelhante foi observado por Taveira (2009), indicando relação positiva entre as análises fisiológicas e a análise sensorial, e a maior tolerância desses cafés às altas temperaturas de secagem, quando comparados aos cafés naturais. Para os cafés naturais, somente os cafés secados em terreiro apresentaram valores indicativos da presença de atividade fisiológica nos grãos. Para os tratamentos de secagem com ar aquecido, os valores foram nulos nos cafés naturais, apontando a morte dos embriões dos grãos de café natural durante o processo de secagem, reforçando a sensibilidade desses cafés à secagem com temperaturas elevadas. Resultados satisfatórios nas avaliações fisiológicas foram observados no tratamento de secagem de 50/40°C nos cafés despulpados.

Na Tabela 6 encontram-se os resultados do desdobramento do efeito do tratamento de secagem para cada tipo de processamento dos grãos sobre a condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

TABELA 5 – Valores médios das avaliações fisiológicas para a interação tratamento de secagem e tipo de processamento, dados em porcentagem (%) - Lavras - 2009.

Tratamento de secagem		Terreiro	50/40°C	40/60°C	60/40°C
Protrusão Radicular (%)	Despulpado	92,8 aA	82,8 bA	54,8 cA	25,8 dA
	Natural	61,2 aB	0,00 bB	0,00 bB	0,00 bB
Germinação (%)	Despulpado	96,0 aA	83,3 bA	57,0 cA	31,0 dA
	Natural	66,3 aB	0,00 bB	0,00 bB	0,00 bB
Folhas Cotiledonares (%)	Despulpado	39,0 aA	32,4 bA	29,0 cA	06,4 dA
	Natural	25,4 aB	0,00 bB	0,00 bB	0,00 bB

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

TABELA 6 – Valores médios de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para a o desdobramento tratamento de secagem e processamentos - Lavras – 2009.

Tratamento de secagem	Processamento			
	Condutividade elétrica		Lixiviação de potássio	
	Natural (µS/cm/g)	Despulpado (µS/cm/g)	Natural (mg/kg)	Despulpado (mg/kg)
Terreiro	127.83 aD	80.53 bC	49,01 aD	32,06 bC
50/40°C	173.89 aC	124.62 bB	73,74 aC	51,77 Bb
60/40°C	201.09 aB	131.77 bB	90,31 aB	58,63 bB
40/60°C	225.71 aA	167.90 bA	96,41 aA	72,35 bA

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

Pode-se confirmar, pelo apresentado na Tabela 6 que houve diferenças significativas entre os tipos de processamentos e secagem utilizados no experimento. Os maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, 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 e lixiviação de potássio serem menores, com consequente manutenção das estruturas celulares e da qualidade do produto. Um fato que pode ter contribuído para esse comportamento, seria o menor tempo de exposição desses cafés às altas temperaturas, quando comparados aos tempos de exposição dos cafés naturais devido à remoção da casca e da mucilagem (PRETE, 1992).

Em relação aos 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 cafés processados por via seca quanto para os cafés processados por via úmida. Esse fato corrobora com os relatos de 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 6, que o tratamento de secagem que menos causou danos às estruturas celulares foi o terreiro. Esse fato pode estar relacionado ao 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 de secagem com ar aquecido. O tratamento de secagem 40/60°C foi o que apresentou pior resultado, fato explicado devido ao acúmulo de energia muito grande no interior do grão ao se utilizarem maiores temperaturas após a meia seca,

que pode, dependendo da temperatura utilizada na secagem, comprometer as estruturas celulares com consequente lixiviação de solutos. 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 foi utilizada a temperatura de 60°C na secagem.

Na Tabela 7 encontram-se os resultados do desdobramento do efeito do tratamento de secagem para cada tipo de processamento dos grãos sobre a acidez graxa.

Observam-se diferenças significativas no valor da acidez graxa entre os tratamentos de secagem e processamento. Esses resultados estão relacionados à estabilização das membranas e à integridade das paredes celulares, indicando que uma maior degradação das membranas celulares dará origem à maior quantidade de ácidos graxos livres (MARQUES et al., 2008). Segundo Biaggioni e Ferreira (1998), durante o armazenamento, a hidrólise do material graxo inicia-se antes da hidrólise de carboidratos ou proteínas. Portanto, o teor de ácidos graxos livres pode ser usado como um indicador da deterioração dos grãos.

Em relação ao processamento dos grãos de café, verifica-se, na Tabela 7, que os maiores valores foram encontrados nos cafés processados por via seca. Supõe-se que a maior exposição desses cafés a altas temperaturas provocou o rompimento das estruturas das membranas celulares, extravasando óleos e comprometendo a qualidade do café com os processos de oxidação, demonstrando a maior sensibilidade desses cafés a altas temperaturas (CORADI et al., 2007). Esses resultados estão de acordo com os obtidos nos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, onde os maiores valores desses testes foram dados para os cafés processados por via seca.

TABELA 7 – Valores médios de acidez graxa para a interação tratamentos de secagem e processamentos - Lavras - 2009.

Tratamento de secagem	Processamento	
	Despulpado (mL de KOH/100 g de MS)	Natural (mL de KOH/100 g de MS)
Terreiro	3,20 aD	3,47 bC
50/40°C	3,47 aC	3,74 bC
60/40°C	3,70 aB	3,92 bB
40/60°C	4,26 aA	4,92 bA

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

Soares (2003), avaliando o nível de ácidos graxos livres em grãos de soja danificados artificialmente, observou que o teste de acidez graxa foi eficaz para detectar os efeitos de danos térmico e mecânico em relação à testemunha e, comparado ao teste de tetrazólio, o índice de acidez graxa demonstrou ser mais preciso para detectar os efeitos latentes oriundos de tais danos.

O tratamento de secagem 40/60°C foi o que obteve maiores valores de acidez graxa independente do tipo de processamento, sugerindo que esse tratamento de secagem danificou as estruturas celulares dos grãos de café, dando origem a uma maior quantidade de ácidos graxos livres. Soares (2003), estudando a acidez graxa em sementes de soja submetida a altas temperaturas de secagem, verificou maiores deteriorações pela ocorrência de maiores teores de acidez graxa, em sementes submetidas à secagem drástica.

4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente experimento, concluiu-se que:

* a secagem em terreiro dos cafés naturais proporciona a melhor qualidade fisiológica e melhor qualidade de bebida, quando comparada com a secagem com ar aquecido;

* o café despulpado apresenta melhor qualidade fisiológica e sensorial do que o café natural, independente do método de secagem mecânico;

* a temperatura de 40/60°C foi a que promoveu os piores resultados fisiológicos e sensoriais, sendo, portanto, imprópria para a secagem de café;

* as temperaturas de 60/40°C e 50/40°C são adequadas para a secagem do café despulpado, porém são impróprias para a secagem do café natural.

5 REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC methods 02-02A: fat acidity, rapid method, for grain. In: _____. **Approved methods of the American Association of the Cereal Chemists**. Saint Paul, 1995.

BIAGGIONI, M. A. M.; FERREIRA, W. A. Variação na germinação e nível de ácidos graxos livres durante o armazenamento de milho colhido mecanicamente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1988, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. 1 CD-ROM.

BORÉM, F. M. Processamento do café. In: _____. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p. 20-23.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

BYTOF, G. et al. Transient occurrence of seed germination processes during coffee post-harvest treatment. **Annals of Botany**, London, v. 100, n. 1, p. 61-66, July 2007.

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.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee: determination of loss mass at 105°C: ISO 6673**. Geneva, 1999. 17 p.

KLEINWÄCHTER, M.; SELMAR, D. Influence of drying on the content of sugars in wet processed green Arabica coffees. **Food Chemistry**, Oxford, v. 119, n. 2, p. 500-504, Feb. 2010.

KRZYŻANOWSKY, 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.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2001.

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.

MARQUES, E. R. et al. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes períodos de temperatura e pré-secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, set./out. 2008.

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.

REINATO, C. H. R. et al. Influência da secagem, em diferentes tipos de terreno, sobre a qualidade do café ao longo do armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 48-60, jan./jun. 2007.

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.

SAATH, R. et al. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 196-203, 2010.

SOARES, T. A. **Análise da acidez graxa como índice de qualidade em grãos de soja.** 2003. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

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.