

ALTERAÇÕES NA COLORAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ EM FUNÇÃO DAS OPERAÇÕES PÓS-COLHEITA

Giselle Figueiredo de Abreu¹, Cristiane Carvalho Pereira², Marcelo Ribeiro Malta³,
Aline da Consolação Sampaio Clemente⁴, Luis Filipe Serafim Coelho⁵,
Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa⁶

(Recebido: 12 de novembro 2014 ; aceito: 06 de abril de 2015)

RESUMO: A avaliação da cor de grãos de café torna-se importante uma vez que cafés com coloração atípica ou com diferentes níveis de branqueamento receberão menores preços no mercado. Além da desvalorização comercial, a alteração na cor é indicativa da ocorrência de processos oxidativos e alterações bioquímicas que podem modificar os precursores do sabor e aroma dos grãos, reduzindo a qualidade da bebida. Objetivou-se, neste estudo, avaliar as características de cor de grãos de café de diferentes qualidades, os quais foram processados e beneficiados por meio de diferentes métodos, e armazenados em diferentes condições. Frutos de *Coffea arabica* foram colhidos no estágio cereja e processados, por via úmida e por via seca. Os grãos foram secados até atingirem 11% de teor de água e submetidos a três formas de beneficiamento (manual, mecânico e sem beneficiamento) e a duas condições de armazenamento (10 °C e 50% de umidade relativa; e 25 °C sem controle de umidade relativa). Após o armazenamento por oito meses, os parâmetros de cor dos grãos e a qualidade fisiológica e sensorial foram avaliados. A intensidade das cores verde e azul e a luminância dos grãos de café são afetadas pelos métodos de processamento, beneficiamento e condições de armazenamento. Cafés despulpados apresentam coloração verde mais intensa, em comparação aos cafés naturais. O resfriamento do ar de armazenamento de grãos de café a 10°C propicia menores índices de luminância e da coordenada b, bem como melhor qualidade fisiológica.

Termos para indexação: Análise sensorial, *Coffea arabica* L., beneficiamento, processamento, qualidade fisiológica.

CHANGES IN THE COFFEE GRAIN COLOR RELATED TO THE POST-HARVEST OPERATIONS

ABSTRACT: The color evaluation of coffee grains becomes important as atypically colored coffee or different levels of whiteness will receive lower price on the market. In addition to commercial impairment, changes in color are indicative of the occurrence of oxidative processes and biochemical damage, which can alter the flavor and aroma precursors of the grains, resulting in lower beverage quality. Thus, the aim of this study is to evaluate the color characteristics in coffee grains with different levels of quality that were processed, benefited and stored under different conditions. Coffee fruits were harvested in the cherry stage and dry processed and wet processed. Grains were dried until reaching 11% moisture content and subjected to three treatments (manual hulling, mechanical hulling and without hulling), and were stored under two conditions (10°C and 50% RH; and 25°C without relative humidity control). After eight months of storing, the color parameters of the grains, the physiological and sensory quality were evaluated. The intensity of the green and blue colors and the brightness of the grains are affected by the processing and hulling methods, and storage conditions. The wet processed coffee grains have a more intense greenish color compared to the dry processed ones. Coffee grains stored under lower temperature have lower brightness indexes and "b" color parameter, as well better physiological quality.

Index terms: Sensory analysis, *Coffea arabica* L., hulling, processing, physiological quality.

1 INTRODUÇÃO

A síntese e o acúmulo dos correspondentes químicos dos precursores do sabor e aroma do café dependem de fatores genéticos, ambientais e tecnológicos (ALPIZAR; BERTRAND, 2004; FARAH et al., 2006). Para se produzir cafés de qualidade, as etapas da pós-colheita, como processamento, beneficiamento e armazenamento devem ser priorizados para se garantir a obtenção de rentabilidade na comercialização do produto (FAVARIN et al., 2004).

Trabalhos têm sido realizados para investigar a relação entre a cor dos alimentos e sua qualidade (COELHO et al., 2009; FARONI et al., 2004; RESENDE et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008). No caso de grãos de café, a cor pode estar relacionada com a qualidade da bebida e é um fator importante para a valorização do produto. Alterações da cor em grãos crus de café são fortes indícios da ocorrência de processos oxidativos e transformações bioquímicas enzimáticas naturais

^{1,2,4,5}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 -Lavras - MG
gfigueiredoabreu@hotmail.com, cristianecpe@gmail.com, alineagrolavras@gmail.com, filco@rocketmail.com

³Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Unidade Regional EPAMIG Sul de Minas - 37.200-000 - Lavras - MG
marcelomalta@epamig.ufla.br

⁶Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária/EMBRAPA - Embrapa Café - PqEB, Av. W3 Norte, Ed. Sede Embrapa - 70.770-901
Brasília-DF - sttela.rosa@embrapa.br

que irão alterar a composição dos precursores responsáveis pelo sabor e aroma da bebida, resultando em redução da qualidade (BORÉM et al., 2013; CORRÊA et al., 2003; ISQUIERDO et al., 2011; NOBRE, 2005; RENDÓN; SALVA; BRAGAGNOLO, 2014; RIBEIRO et al., 2011; SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006).

Durante o armazenamento podem ocorrer alterações na cor dos grãos, mesmo que as condições sejam adequadas (SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008; SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006), sendo que a tonalidade verde-azulada passa à marrom-clara e esbranquiçada, fenômeno este conhecido como branqueamento. A intensidade do branqueamento é função das condições do armazenamento. Fatores como danos sofridos pelo produto, luz, umidade relativa, teor de água, tempo de armazenagem e tipo de embalagem devem ser considerados (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; BORÉM et al., 2013; CORADI; BORÉM, 2009; GODINHO et al., 2000; ISMAIL; ANUAR; SHAMSUDIN, 2013; NOBRE et al., 2007; VILELA; CHANDRA; OLIVEIRA, 2000).

A presença da casca e do pergaminho nos grãos de café armazenados em coco pode ter função protetora e pode prevenir variações na cor do produto, quando comparado com o armazenamento do café já beneficiado (GODINHO et al., 2000; SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008). Assim, grãos de café beneficiados podem ser susceptíveis ao branqueamento durante o armazenamento em condições ambiente, sendo observadas mudanças na coloração com redução, principalmente da intensidade das cores verde e azul, com o aumento do tempo de armazenagem. Afonso Júnior e Corrêa (2003) observaram este comportamento em grãos de café independentemente do tipo de processamento empregado, se natural ou despulpado. Estes autores constataram que grãos de café processados por via úmida apresentam menor variação na coloração, quando comparados aos grãos obtidos por via seca, até os oito primeiros meses de armazenagem.

Grãos de café processados por via úmida possuem naturalmente coloração verde-azulada, o que é caracterizado pela redução dos valores das coordenadas cromáticas *a* e *b*, distanciando da coloração indesejável vermelho-amarelo e aproximando da coloração desejável verde-azulada (CORRÊA et al., 2002). Contudo, como o café processado por via úmida é mais susceptível à ocorrência de danos mecânicos, pode ocorrer aumento da coordenada *L*, a qual está associada à luminância do grão e indica maior branqueamento, em comparação aos grãos processados por via seca (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA et al., 2003).

Além dos danos mecânicos causados durante o processamento, o beneficiamento também pode proporcionar este tipo de dano acelerando o processo de branqueamento de grãos de café, provocando redução na qualidade, o que é também caracterizado pela desestruturação de membranas celulares e desorganização celular (AMORIM, 1978; SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008).

A correlação da cor dos grãos com a qualidade da bebida de cafés armazenados em diferentes condições é ressaltada por diversos autores (CORADI; BORÉM, 2009; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; RIGUEIRA et al., 2009; SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008; VILELA; CHANDRA; OLIVEIRA, 2000). Nesses trabalhos, foi constatado que a temperatura e a umidade relativa do ar de armazenagem influenciam nas alterações da coloração dos grãos de café, sendo que estas alterações são reações frequentes em locais de alta temperatura e umidade relativa.

A avaliação da cor de grãos de café de forma visual é subjetiva, uma vez que é realizada por comparações visuais do produto, podendo apresentar resultados influenciados pelo julgamento e limitações do observador. Neste contexto, torna-se importante a utilização de métodos objetivos para a avaliação da cor, como a espectrofotometria, colorimetria e análise de imagens.

Assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar os parâmetros de cor de grãos de café natural e despulpado, submetidos ao beneficiamento manual e mecânico e armazenados em ambiente refrigerado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas em grãos de *Coffea arabica* L. cv. Catuaí Amarelo, obtidos da lavoura na Fazenda Experimental da Fundação Procafé, em Varginha, MG.

Os frutos foram colhidos no estágio de maturação cereja, por meio de colheita seletiva, os quais foram lavados para a separação de frutos chochos, mal formados, brocados e impurezas, antes de serem submetidos a dois tipos de processamento, por via seca e via úmida. Parte dos frutos selecionados foi submetida imediatamente à secagem (café natural) e outra parte foi submetida ao descascamento mecânico e retirada da mucilagem por fermentação em água, durante 24 horas (café despulpado), antes da secagem.

Os cafés (em coco e em pergaminho) foram submetidos à secagem até atingirem teor de água de $11\% \pm 0,5$ (base úmida), em secador mecânico de camada fixa, sob temperatura de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ na massa de grãos.

Após a secagem dos grãos de café, o experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$, sendo dois tipos de processamento (via úmida: café despulpado e via seca: café natural); três formas de beneficiamento (café grãos crus, beneficiado manualmente; café grãos crus, beneficiado mecanicamente; e café sem beneficiamento); e dois ambientes de armazenamento (temperatura a 10°C e 50% de umidade relativa; e temperatura a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ sem controle de umidade relativa).

Para a obtenção das três formas de beneficiamento, uma parte do café natural e uma parte do café despulpado foram divididas em três lotes, sendo dois beneficiados, sendo removidos os pergaminhos no café despulpado e as cascas no café natural. O primeiro lote foi beneficiado mecanicamente e o segundo lote beneficiado manualmente. Já o café do terceiro lote foi armazenado sem beneficiamento, sendo beneficiado manualmente após o período de oito meses. Antes de serem conduzidos ao armazenamento, os cafés de cada tratamento foram divididos em duas partes e acondicionados em sacos de juta, sendo armazenados em dois ambientes. Uma parte foi armazenada em câmara fria com controle de temperatura (10°C) e de umidade relativa (50% UR), e a outra parte em sala de armazenamento a 25°C , sem o controle da umidade relativa.

A avaliação da cor foi realizada por meio de um colorímetro Minolta® CR 310 (iluminante C e ângulo 10°), medindo-se os parâmetros L (luminosidade), a e b (coordenadas de cromaticidade). Nesse sistema, L indica a luminosidade, que varia de zero 0, (correspondente à cor preta), até 100 (correspondente à cor branca). As coordenadas a e b indicam as direções que a cor pode assumir, valores positivos de a , correspondente ao vermelho e valores negativos de a , ao verde. Já os valores positivos de b correspondem ao amarelo e valores negativos de b , ao azul, conforme descrito por Nobre (2005).

Para a avaliação do potencial fisiológico dos cafés, grãos de cada amostra foram submetidos ao teste de germinação em substrato de papel, computando-se a porcentagem de plântulas

normais aos trinta dias da sementeira, de protrusão radicular aos 15 dias, plântulas com folhas cotiledonares expandidas aos quarenta e cinco dias (BRASIL, 2009) e emergência em bandeja. Para a qualidade sensorial dos cafés, a análise foi realizada segundo protocolo da *Specialty Coffee Association of America* (SCCA). A análise foi realizada segundo o processo descrito no protocolo (LINGLE, 2011). Os resultados das avaliações de cor foram comparados aos das avaliações da qualidade sensorial e fisiológica dos grãos de café. Todos os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste *Scott Knott*, de comparação de médias, ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação quantitativa de cor dos grãos de café foram expressos em termos de coordenadas L (luminosidade), a e b (coordenadas de cromaticidade). Não foi verificado efeito significativo das interações entre os fatores (processamento, beneficiamento e condições de armazenamento) sobre as coordenadas a e L .

Os tipos de processamento e de beneficiamento influenciaram os valores da coordenada a , conforme pode ser observado na Tabela 1.

Ao analisar o valor da coordenada a , deve-se levar em consideração que valores próximos de zero ou negativos tendem à cor verde nos grãos de café (coloração desejável ao produto), enquanto que valores crescentes tendem à coloração vermelha (indesejável). Observou-se que os grãos provenientes de café em pergaminho, obtidos pelo processo via úmida (café despulpado), apresentaram menores valores da coordenada cromática a , em comparação aos grãos provenientes de café em coco (natural), obtidos no processamento por via seca, os quais apresentaram valores mais elevados (Tabela 1). Este resultado indica uma aproximação da coloração verde, desejável, nos cafés despulpados. Na literatura, encontram-se relatos de que grãos de café produzidos por via úmida apresentam maior intensidade das cores verde (menores valores da coordenada a) e azul (menores valores da coordenada b), o que corresponde à característica de melhor qualidade dos grãos de café (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; CORRÊA et al., 2002), quando comparados com os cafés processados por via seca.

Para os diferentes tipos de beneficiamento (Tabela 1), observou-se menor valor da coordenada a nos grãos de café beneficiados mecanicamente e armazenados por oito meses, em comparação aos demais tipos de beneficiamento.

TABELA 1 - Valores médios da coordenada *a* de grãos de café submetidos a diferentes tipos de processamento e de beneficiamento.

| Processamento | Coordenada <i>a</i> | Beneficiamento | Coordenada <i>a</i> |
|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Despolpado | 0,59 a | Mecânico | 0,24 a |
| Natural | 1,04 b | Manual | 0,60 b |
| | | Sem beneficiamento | 0,98 c |
| CV | 18,3 | CV | 12,32 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Apesar de encontrado na literatura que o beneficiamento mecânico pode causar danos aos grãos e sementes (ALMEIDA et al., 2004, 2006), neste estudo, o mesmo não influenciou negativamente os valores da coordenada *a* relacionada às cores verde e vermelho, nestes cafés (Tabela 1).

Pelos dados na Tabela 2, constata-se que houve interação dos fatores beneficiamento e condições de armazenamento, sobre os valores da coordenada cromática *b*.

Observou-se que, cafés armazenados por oito meses, em ambiente resfriado a 10 °C, apresentaram redução da coordenada cromática *b*, o que indica distanciamento da coloração indesejável (amarelo) e maior aproximação da coloração desejável (azul), quando comparados com os grãos armazenados em temperatura de 25 °C, independentemente do tipo de beneficiamento utilizado. Estudos anteriores constataram que a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenagem influenciam na coloração dos grãos de café, sendo menos frequentes essas alterações em grãos armazenados sob temperatura e umidade relativas mais baixas (ISMAIL; ANUAR; SHAMSUDIN, 2013; VILELA; CHANDRA; OLIVEIRA, 2000).

A coordenada *L*, relacionada à luminância dos grãos, corresponde ao maior ou menor branqueamento dos grãos e sua escala varia de 0 até 100, correspondendo ao preto e ao branco, respectivamente. De acordo com os resultados da Tabela 3, verifica-se efeito significativo da temperatura do ar de armazenamento e do tipo de beneficiamento sobre o branqueamento dos grãos.

Com relação aos efeitos do beneficiamento, o menor índice de branqueamento foi observado nos cafés beneficiados manualmente (Tabela 3). O beneficiamento manual foi conduzido cuidadosamente, de maneira a não causar danos aos grãos, e com isso desacelerar o processo de branqueamento, mesmo após o período de armazenamento.

Já nos grãos beneficiados mecanicamente, o maior índice de branqueamento pode estar associado aos danos causados pela máquina beneficiadora. Bacchi (1962) considera que os danos mecânicos provocados pelo beneficiamento são possivelmente as principais causas indiretas do branqueamento dos grãos de café. O mesmo autor ressalta que grãos isentos de danos apresentam índices reduzidos ou nulos de branqueamento, enquanto que grãos danificados apresentam maior perda da cor característica de grãos de qualidade superior. Assim, pode-se inferir que os danos mecânicos responsáveis pelo branqueamento do café contribuem para o processo de deterioração, provocando a desestruturação dos sistemas de membranas celulares, causando maior desorganização celular (AMORIM, 1978).

Por outro lado, os cafés armazenados em coco e em pergaminho (sem beneficiamento) também apresentaram mais altos índices de branqueamento, apesar de não terem sofrido danos mecânicos antes do armazenamento (Tabela 3). Este resultado pode ser devido à presença de fragmentos do espermoderma (película prateada) aderidos aos grãos, o que pode ter influenciado na leitura do aparelho, uma vez que foi observado em maior intensidade neste tratamento. Os grãos correspondentes a este tratamento foram beneficiados manualmente após o período de armazenamento, antes de serem analisados, quanto aos parâmetros de cor.

Com relação aos diferentes ambientes de armazenamento, verificou-se que o resfriamento do ar ambiente de armazenamento (10 °C) resultou em menores valores da coordenada *L*, indicando menor índice de branqueamento dos grãos armazenados por período de oito meses (Tabela 3). Resultado similar foi obtido por Vilela, Chandra e Oliveira (2000), os quais estudaram os efeitos da temperatura e da umidade relativa do ar sobre os parâmetros da cor de grãos de café beneficiados.

TABELA 2 - Valores da coordenada *b* de grãos de café submetidos a diferentes tipos de beneficiamento e armazenados em diferentes condições.

| Beneficiamento | Temperatura de Armazenamento | Coordenada <i>b</i> |
|--------------------|------------------------------|---------------------|
| Manual | 10 | 15,62 a |
| | 25 | 17,26 b |
| Mecânico | 10 | 15,28 a |
| | 25 | 17,91 b |
| Sem beneficiamento | 10 | 16,23 a |
| | 25 | 21,37 b |
| CV | | 3,90 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5%.

TABELA 3 - Valores da coordenada *L* de grãos de café submetidos a diferentes tipos de beneficiamento e armazenados em diferentes condições.

| Beneficiamento | Coordenada <i>L</i> |
|------------------------------|---------------------|
| Manual | 46,45 a |
| Mecânico | 49,81 b |
| Sem beneficiamento | 50,33 b |
| Temperatura de Armazenamento | Coordenada <i>L</i> |
| 10 | 46,98 a |
| 25 | 50,74 b |
| CV | 3,17 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5%.

Estes autores constataram que somente quando armazenados sob temperatura de 10 °C e umidade relativa de 52 e 67%, os grãos de café não perderam a cor original, após 192 dias de armazenamento. A manutenção da cor verde dos grãos de café durante o armazenamento é extremamente importante porque as características visuais, muitas vezes determinam a aceitação comercial (RIBEIRO et al., 2011).

Os resultados da avaliação sensorial e fisiológica de grãos de café submetidos aos diferentes processamentos, beneficiamentos e condições de armazenamento, estão apresentados na Tabela 4.

De modo geral, os cafés que apresentaram menores valores das coordenadas *L*, ou seja, menor nível de branqueamento (Tabela 3) em relação às condições de armazenamento, também apresentaram melhores resultados nas avaliações de qualidade fisiológica e sensorial (Tabela 4). A coloração do grão de café é um fator importante

na valorização do produto. Alterações na cor indicam ocorrência de processos oxidativos e de transformações bioquímicas de natureza enzimática, que irão influenciar negativamente o sabor e aroma da bebida (BORÉM et al., 2013; ISQUIERDO et al., 2011; RENDÓN; SALVA; BRAGAGNOLO, 2014; RIBEIRO et al., 2011).

Pelos resultados das notas finais da análise sensorial, observou-se que, para os cafés despulpados, aqueles submetidos ao beneficiamento mecânico e armazenados a 25 °C apresentaram notas finais inferiores. Com relação aos cafés naturais, observou-se efeito da temperatura nos cafés armazenados beneficiados (manual e mecânico). Quando armazenados em ambiente refrigerado, estes grãos obtiveram notas finais superiores. Já nos cafés armazenados em coco ou em pergaminho, independentemente do método de processamento, não foi observado efeito da temperatura de armazenamento na qualidade sensorial.

TABELA 4 - Resultados da análise sensorial e do potencial fisiológico de grãos de café natural e de café despulpado, submetidos a diferentes formas de beneficiamento e armazenados em diferentes condições do ambiente. Nota Final (N. F.), porcentagem de folhas cotiledonares expandidas (Fl. Cot.), de Protrusão Radicular (P. R.), de Germinação (G) e de Emergência (E).

| Processamento | Beneficiamento | Ambiente | N. F. | P. R. | Fl. Cot. | G | E |
|---------------|----------------|----------|---------|-------|----------|--------|-------|
| Despulpado | Manual | 10 °C | 81,50 a | 94 a | 89 a | 92 a | 84 a |
| | | 25 °C | 83,00 a | 0 b | 0 b | 0 b | 0 b |
| | Mecânico | 10 °C | 83,75 a | 0 a | 0 a | 0 a | 0 a |
| | | 25 °C | 80,50 b | 0 a | 0 a | 0 a | 0 a |
| | Sem Benef. | 10 °C | 82,75 a | 95 a | 92 a | 93 a | 91 a |
| | | 25 °C | 83,62 a | 0 a | 0 b | 0 b | 0 b |
| Natural | Manual | 10 °C | 82,87 a | 78 a | 42 a | 47,5 a | 28 a |
| | | 25 °C | 72,00 a | 0 b | 0 b | 0 b | 0 b |
| | Mecânico | 10 °C | 84,12 a | 0 a | 0 a | 0 a | 0 a |
| | | 25 °C | 80,25 b | 0 a | 0 a | 0 a | 0 a |
| | Sem Benef. | 10 °C | 85,00 a | 78 a | 62 a | 56,5 a | 37 a |
| | | 25 °C | 84,25 a | 63 b | 0 b | 0 b | 0 b |
| CV | | | 1,91 | 7,77 | 16,1 | 14,81 | 22,79 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada processamento e beneficiamento, não diferem entre as temperaturas do ar ambiente, pelo teste de Scott Knott, a 5%.

Pela avaliação do vigor dos grãos, por meio da porcentagem de protrusão radicular e de plântulas com folhas cotiledonares expandidas (Tabela 4), observou-se que a temperatura do ambiente de armazenamento e o tipo de beneficiamento interferiram na qualidade fisiológica dos grãos de café. De forma geral, os grãos armazenados em temperatura de 10°C, sem beneficiamento e armazenados após beneficiamento manual, apresentaram maiores índices de vigor, quando comparados aos cafés armazenados em ambiente com temperatura de 25°C. Considerando os efeitos do método de beneficiamento, observou-se que os grãos beneficiados mecanicamente perderam a qualidade fisiológica, apresentando ao final do período de armazenamento, valores nulos de vigor. Pelos resultados do teste de germinação e de emergência, também foi observado efeito positivo do resfriamento do ambiente no armazenamento de grãos de café.

Melhores resultados de germinação e de emergência foram observados nos cafés armazenados em temperatura de 10°C, independentemente do tipo de processamento (Tabela 4). De acordo com esses resultados, observa-se mesma tendência dos observados na

avaliação da coloração na coordenada cromática *b* (Tabela 2), onde os cafés armazenados em ambiente com temperatura do ar de 10°C apresentaram redução da coordenada cromática *b*, indicando aproximação da coloração desejável azul e distanciamento da coloração amarela indesejável. Além disso, os resultados também estão de acordo com os encontrados para os valores da coordenada *L* (Tabela 3), onde se observou o efeito positivo do resfriamento do ambiente durante o armazenamento, com menores valores da coordenada *L* para os cafés armazenados a 10°C, indicando menor nível de branqueamento.

Comparando-se os diferentes tipos de beneficiamento (Tabela 4), detectou-se que o beneficiamento mecânico prejudicou a viabilidade das sementes, independentemente da temperatura de armazenamento, com valores nulos de germinação e de emergência, após oito meses de armazenamento.

Resultados dos testes fisiológicos e os parâmetros da avaliação da cor dos grãos refletem simultaneamente a redução da qualidade do café, resultante do processo de deterioração. Já os resultados da avaliação sensorial não refletem o grau de deterioração dos grãos de café ocorrido no

período de armazenamento e verificado por meio das análises fisiológicas. Assim, pelos resultados encontrados pode-se afirmar que as avaliações do comportamento fisiológico dos grãos, por meio dos testes de germinação e de vigor (Tabela 4) são mais sensíveis em detectar a redução da qualidade dos grãos, quando comparados aos resultados da análise sensorial pela prova de xícara.

4 CONCLUSÕES

A intensidade das cores verde e azul e a luminância dos grãos de café são afetadas pelos métodos de processamento, beneficiamento e condições de armazenamento.

Cafés despolpados apresentam coloração verde mais intensa, em comparação aos cafés naturais.

O resfriamento do ar de armazenamento de grãos de café a 10°C propicia menores índices de luminância e da coordenada b, bem como melhor qualidade fisiológica.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, CNPq e Consórcio Pesquisa Café, pelo apoio financeiro nas pesquisas.

6 REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, dez. 2003.
- ALMEIDA, F. A. C. et al. Avaliação de danos mecânicos em sementes de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 12, p. 217-221, 2006.
- _____. Danos mecânicos em sementes de feijão *Vigna*, causados pelas operações na unidade de beneficiamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 254-259, 2004.
- 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. **Proceedings...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.
- AMORIM, H. V. Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade. 1978. 85 p. Tese (Livro Docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1978.
- BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 28, p. 467-468, 1962.
- BORÉM, F. M. et al. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Storage Products Research**, Pelotas, v. 52, p. 1-6, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.
- COELHO, S. R. M. et al. Alterações na cor do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento utilizando software para reconhecimento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 49-57, 2009.
- CORRÊA, P. C. et al. Efeito da temperatura de secagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 5, p. 22-27, 2002. Edição Especial Café.
- _____. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento em condições adversas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 7, p. 136-147, 2003. Edição Especial Café.
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M. Alterações dos parâmetros físico químicos na qualidade de bebida do café natural e despolpado em função de diferentes tipos de secagem e condição de armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 11, p. 54-63, 2009. Edição Especial Café.
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despolpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, abr. 2008.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, p. 373-380, 2006.
- FARONI, L. R. D. et al. Influência do teor umidade de colheita na qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 69-75, 2004.

- FAVARIN, J. L. et al. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 187-192, fev. 2004.
- GODINHO, R. P. et al. Variações na cor e na composição química do café (*Coffea arabica* L.) armazenado em coco e beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 1, p. 38-43, 2000. Edição Especial.
- ISMAIL, I.; ANUAR, M. S.; SHAMSUDIN, R. Effect on the physico-chemical properties of liberica green coffee beans under ambient storage. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 20, n. 1, p. 255-264, 2013.
- ISQUIERDO, E. P. et al. Qualidade do café cereja desmucilado submetido ao parcelamento da secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-90, jan./abr. 2011.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4th ed. Long Beach: SCAA, 2011. 66 p.
- NOBRE, G. W. **Alterações qualitativas do café cereja descascado durante o armazenamento**. 2005. 135 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- NOBRE, G. W. et al. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2007.
- RENDÓN, M. Y.; SALVA, T. J. G.; BRAGAGNOLO, N. Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. **Food Chemistry**, Oxford, v. 147, p. 279-286, 2014.
- RESENDE, O. et al. Avaliação da qualidade tecnológica e protéica do feijão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 1-13, 2007.
- RIBEIRO, D. M. et al. Cinética dos índices de cor e da textura da banana "prata-anã" durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 83-93, 2008.
- RIBEIRO, F. C et al. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, Pelotas, v. 47, p. 341-348, 2011.
- RIGUEIRA, R. J. A. et al. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 4, p. 323-333, 2009.
- SELMAR, D.; BYTOF, G.; KNOPP, S. E. The storage of green coffee (*Coffea arabica*): decrease of viability and changes of potential aroma precursors. **Annals of Botany**, London, v. 101, p. 31-38, 2008.
- SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. The lipid fraction of coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, p. 201-216, 2006.
- VILELA, E. R.; CHANDRA, P. K.; OLIVEIRA, G. A. Efeito da temperatura e umidade relativa no branqueamento de grãos de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 1, p. 31-37, 2000. Edição Especial.