



FABIANA CARMANINI RIBEIRO

**MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA
ARMAZENAMENTO DE CAFÉS ESPECIAIS**

Lavras-MG

2013

FABIANA CARMANINI RIBEIRO

**MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA
ARMAZENAMENTO DE CAFÉS ESPECIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Flávio Meira Borém

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Ribeiro, Fabiana Carmanini.

Métodos alternativos para armazenamento de cafés especiais /
Fabiana Carmanini Ribeiro. – Lavras: UFLA, 2013.

110p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Flávio Meira Borém.

Bibliografia.

1. Armazenamento hermético. 2. Atmosfera artificial. 3. Análise sensorial. 4. Teor de fibras. 5. Ácidos graxos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD – 633.7368

FABIANA CARMANINI RIBEIRO

**MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA
ARMAZENAMENTO DE CAFÉS ESPECIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, área de
concentração em Processamento de Produtos Agrícolas,
para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2013

Dr. Eder Pedrosa Isquierdo.....UFLA
Dr. Ednilton Tavares de AndradeUFF
Dr. Marcelo Ribeiro Malta.....EPAMIG
Dr. Renato Ribeiro de Lima.....UFLA

Prof. Dr. Flávio Meira Borém
UFLA
Orientador

LAVRAS - MG
2013

Aos meus pais, Antônio e Terezinha, pelo imenso amor, incentivo,
carinho e apoio.

.DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, saúde e esperança.

Aos meus pais, pelo exemplo de força e perseverança, pela educação, pelo apoio e amor incondicional e presença constante em minha vida.

Ao Gervásio, pela amizade, companheirismo, amor, paciência e compreensão.

Ao professor Flávio Meira Borém, pela oportunidade, orientação, compreensão e confiança em mim depositada.

Aos familiares, amigos e vizinhos, pelo apoio e torcida.

Aos coorientadores e membros da banca, pela disponibilidade e contribuição no aprimoramento deste trabalho.

À pesquisadora Vanny Ferraz, da Universidade Federal de Minas Gerais, pela grande ajuda na execução das análises cromatográficas.

A Luisa e Valdiney, pela amizade construída e companheirismo.

Agradeço a valiosa contribuição de todos os integrantes e ex-integrantes do Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, Eder, Juliana, José Henrique, Murilo, Diego, Daiane, Guilherme, Caio, Janaína, Ana, Isabela, Carlos Henrique, Ricardo, Paula, Camila e Danilo. Aos funcionários da UFLA, Sr. Edson, Sandra e Greice, pela dedicação, carinho e amizade que sempre recebi de vocês. Ao pesquisador da Epamig, Marcelo e ao laboratorista Samuel, pelo apoio e ajuda nas análises laboratoriais.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa.

À empresa Bourbon Specialty Coffees, por fornecer as condições necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Meu muito obrigada!

RESUMO

O armazenamento do café sob atmosfera artificial promove a preservação da qualidade por um período mais longo, mantendo a aparência e a diferenciação do produto no mercado. Daí a importância das novas tecnologias que atendam às necessidades do mercado de cafés especiais. Em vista disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar: i) a composição física, química e sensorial do café beneficiado, classificado como especial, armazenado em diferentes tipos de acondicionamentos por 12 meses; ii) o efeito de diferentes métodos de acondicionamento na qualidade do café por meio do teor de fibras, sacarose e atributos sensoriais e iii) o efeito de diferentes métodos de acondicionamento na qualidade do café por meio de alterações no perfil de ácidos graxos livres, acidez graxa e características sensoriais durante o armazenamento. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em esquema fatorial (5x8), correspondendo a cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses) e oito métodos de acondicionamentos. Concluiu-se que: i) os grãos acondicionados em sacos de juta no armazém convencional e em câmara controlada tiveram, durante o armazenamento, aumento e diminuição no teor de água, respectivamente; a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio aumentaram em todos os métodos de acondicionamentos; os teores de ácidos orgânicos foram mantidos nos diferentes métodos de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento; os grãos de café perderam qualidade sensorial, independente do método de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento; os grãos de café acondicionados na embalagem aluminizada com atmosfera modificada ativamente (injeção de 10% de CO₂) tiveram menor oscilação das notas na avaliação sensorial durante o período de armazenamento e os grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional não se classificaram na categoria de cafés especiais após 12 meses de armazenamento; ii) a redução no teor de sacarose, fibra bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro está intimamente ligada à redução no sabor e à diminuição da nota final na análise sensorial; o acondicionamento em saco de juta não é recomendado para o armazenamento de cafés especiais e iii) o café armazenado em saco de juta em câmara controlada apresentou os menores teores médios de ácidos graxos livres, ao final do período de armazenamento. O atributo químico acidez graxa possibilitou a discriminação dos cafés acondicionados em saco de juta, após 12 meses de armazenamento.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Armazenamento hermético. Atmosfera artificial. Análise sensorial. Teor de fibras. Sacarose. Ácidos graxos.

ABSTRACT

The coffee storage under artificial atmosphere promotes the preservation of quality for a longer period while maintaining the appearance and product differentiation in the marketplace. Hence the importance of new technologies that meet the needs of the specialty coffee market. As a result, this study was to evaluate: i) the physical, chemical and sensorial coffee benefited classified as special, stored in different types of packaging for 12 months, ii) the effect of different methods of packaging in coffee quality through the fiber, sucrose and sensory attributes and iii) the effect of different methods of conditioning the coffee quality by altering the profile of fatty acids, fatty acidity and sensory characteristics during storage. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in a factorial design (5x8), corresponding to five storage times (0, 3, 6, 9 and 12 months) and eight methods of packaging. It was concluded that: i) the grains packed in jute sacks in conventional storage and controlled chamber had during storage, increase and decrease in water content, respectively; electrical conductivity and potassium leaching increased in all methods packaging; the organic acids were maintained at different methods of preparation, after 12 months of storage; coffee beans lost sensory quality, regardless of the method of preparation after 12 months of storage; coffee beans packaged in foil pouch with actively modified atmosphere (10% of injected CO₂) were less oscillation of notes on sensory evaluation during storage and grains packed in jute bag in conventional warehouse failed to qualify in the category of specialty coffees after 12 months of storage; ii) reduction in sucrose content, crude fiber, acid detergent fiber and neutral detergent fiber is closely linked to the reduction in flavor and lower the final grade in sensory analysis, packaging in jute bag is not recommended to store specialty coffees and iii) the coffee stored in jute bag in controlled chamber had the lowest average levels of free fatty acids at the end of the storage period. The chemical attributes fatty acidity allowed the discrimination of coffees packed in jute bag, after 12 months of storage.

Keywords: *Coffea arabica* L. Hermetic storage. Artificial atmosphere. Sensory analysis. Fiber content. Sucrose. Fatty acids.

SUMÁRIO

PARTE 1 - INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 A importância do café no Brasil.....	14
2.2 Armazenamento em atmosfera artificial.....	15
2.3 Armazenamento do café	17
2.4 Aspectos relacionados à qualidade do café.....	19
2.4.1 Análise sensorial	19
2.4.2 Avaliação física do café beneficiado	21
2.4.3 Análises de condutividade elétrica e lixiviação de potássio	22
2.4.4 Análises químicas.....	23
2.5 REFERÊNCIAS.....	27

PARTE 2 - ARTIGOS

ARTIGO 1

ARMAZENAMENTO DE CAFÉ ESPECIAL EM ACONDICIONAMENTOS COM ATMOSFERA ARTIFICIAL	33
---	----

ARTIGO 2

ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO DE FIBRAS E ATRIBUTOS SENSORIAIS DO CAFÉ ESPECIAL (<i>Coffea arabica</i> L.) ARMAZENADO EM ACONDICIONAMENTOS HERMÉTICOS	62
---	----

ARTIGO 3

ANÁLISE SENSORIAL E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE CAFÉS ESPECIAIS ARMAZENADOS EM ATMOSFERA ARTIFICIAL	86
---	----

PARTE 1 - INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos agrícolas cujo preço é baseado em parâmetros qualitativos, e o valor varia significativamente com a melhoria da qualidade. No mercado mundial, cresce cada vez mais a demanda por cafés especiais em proporções muito maiores do que os cafés comuns, indicando a preferência dos consumidores por cafés de qualidade e que tenham atributos diferenciados. A qualidade do café, acrescida dos atributos de sabor e aroma, formados durante processo de torração, é determinada, principalmente, pelos precursores presentes no grão cru, inerentes aos fatores genéticos, ambientais e tecnológicos envolvidos nos processos de produção, época de colheita, método de secagem, processamento e práticas de armazenamento.

A preservação desses atributos sensoriais desejáveis depende, essencialmente, das condições de armazenagem do café, sendo que a maior parte da produção passa por um período de estocagem. Sendo uma das etapas que sucedem a produção e antecedem à comercialização dos grãos de café, o armazenamento é considerado uma das mais importantes para a manutenção da qualidade do produto final, além de suprir demandas na entressafra e assegurar ao produtor melhor preço no mercado. Isso porque, dependendo das condições de armazenamento, o café tem suas características iniciais alteradas, ocorrendo transformações físicas, químicas e sensoriais, as quais se intensificam com o período e condições de armazenamento.

A maior parte do café brasileiro é armazenada no sistema convencional, ou seja, em sacos de juta, nos quais o produto, normalmente, fica susceptível à perda de qualidade, devido à variação do teor de água dos grãos e à sua interação com o ar ambiente (CORRÊA et al., 2003; VIEIRA et al., 2001).

Recentemente, sacos plásticos impermeáveis a gases e à umidade passaram a ser usados como um revestimento interno aos sacos de juta, principalmente durante o transporte marítimo para exportação e por períodos prolongados (TRUBEY; RAUDALES; MORALES, 2005). No entanto, esse tipo de embalagem não apresenta resistência à tração mecânica, chegando, muitas vezes, aos países importadores com danificações. Outra forma de acondicionamento que está sendo utilizada com sucesso, por algumas empresas brasileiras de produção e exportação de café, é o sistema de embalagens a vácuo. Entretanto, essa forma de acondicionamento é de elevado custo, não sendo viável para diversos produtores (BORÉM et al., 2008).

Em estudos recentes (RIBEIRO et al., 2011) foi demonstrada a viabilidade do uso de embalagens herméticas com aplicação de CO₂ na preservação da qualidade física, química e sensorial do café. O armazenamento do café com atmosfera artificial apresenta-se como mais uma alternativa para a preservação da qualidade por períodos mais longos. Entretanto, os estudos desenvolvidos por esses autores não descrevem as alterações na qualidade de cafés especiais, ou seja, acredita-se que cafés com notas superiores a 85 pontos sejam mais susceptíveis às alterações durante o armazenamento.

Nesse contexto, são de extrema importância o conhecimento dos fatores envolvidos no armazenamento e a investigação de novas formas de acondicionamento que permitam prolongar o tempo de armazenamento dos cafés especiais, preservando sua qualidade, assegurando ao cafeicultor maior período de comercialização, garantindo, assim, melhor preço.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil é o maior exportador e produtor mundial desse produto, com produção estimada, na safra 2013, de 46,98 milhões de sacas de 60 kg do café beneficiado, mais de 30% da produção mundial (CONAB, 2013).

2.1 A importância do café no Brasil

Os maiores canais de comercialização e formação de preço dos cafés commodities no contexto mundial são as bolsas de mercadorias de Nova York e de Londres. Já o alternativo mercado de cafés especiais de alta qualidade, que se formou fora desse mecanismo das bolsas de mercadorias, permite que o produtor conquiste compradores que estejam dispostos a pagar mais por um produto com características diferenciadas.

No entanto, os cafés do Brasil, internacionalmente, são ainda conhecidos como cafés comuns, de qualidade inferior, com pouca diferenciação e, conseqüentemente, recebem um menor valor de mercado, quando comparados aos originados de países da América Central, África e Ásia, que são conhecidos por seus atributos sensoriais diferenciados, classificados como cafés especiais.

A demanda por cafés especiais no mercado mundial é crescente e em proporções muito maiores do que a dos cafés comuns. Por essa razão, campanhas visando ao consumo e à melhoria da qualidade do café brasileiro têm sido adotadas, resultando na criação de associações, tais como Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA), Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado (CACER) e Associação de Cafeicultura Orgânica (ACOB) que, aliadas a uma política de “marketing”, procuram reverter esse quadro de inferioridade perante os compradores internacionais.

Segundo Alves (2007), o Brasil tem qualidades competitivas, devido às diferenças regionais de caráter social, econômico, cultural e edafoclimático não encontradas em outros países produtores, o que eleva o potencial competitivo brasileiro na produção de cafés com ampla variedade de sabores e aromas.

O café é consumido mais pela sensação de prazer e satisfação proporcionada a quem consome a bebida, do que pelo valor nutricional. Assim, um café é caracterizado como especial por apresentar qualidade diferenciada. Segundo a Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), os cafés especiais não podem apresentar qualquer tipo de defeito, obtendo, no mínimo, 80 pontos na escala de classificação, o que equivale a um café de bebida mole, de acordo com a Instrução Normativa nº8 (BRASIL, 2003).

O conceito de café especial está intimamente ligado ao prazer que a bebida pode proporcionar ao consumidor por meio de algum atributo específico, processo de produção ou serviço a ele associado. Portanto, diferencia-se dos cafés comuns por características como qualidade superior da bebida, aspecto dos grãos, forma de colheita, tipo de preparo, história, origem dos plantios, cultivares e certificações, entre outras. O potencial de expressão do aroma e do sabor são os atributos mais importantes para a avaliação da qualidade do café, por serem as principais motivações na preferência dos consumidores (FARAH et al., 2006).

Segundo Paiva (2005), um café especial é sinônimo de café fino que apresente alguma característica que o diferencie dos outros, como o sabor remanescente floral, cítrico ou achocolatado, entre outros, o que contribui para agregar valor ao produto.

2.2 Armazenamento em atmosfera artificial

O uso da atmosfera artificial teve início com os egípcios, que já armazenavam cereais em recipientes hermeticamente fechados. Atualmente, é uma técnica largamente utilizada no armazenamento e no transporte de diversos

produtos agrícolas.

O princípio de funcionamento da atmosfera artificial baseia-se na modificação da concentração de gases na atmosfera natural, fazendo com que os produtos apresentem drástica redução nos processos metabólicos, conseqüentemente mantendo suas características iniciais por períodos mais prolongados (BORÉM et al., 2008; MORENO; JIMENEZ, VAZQUES, 2000).

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a temperatura, a umidade relativa e a concentração de certos gases podem ser alteradas empregando-se atmosfera controlada, atmosfera modificada, atmosfera hipobárica, uso de filmes plásticos semipermeáveis e geração de gases inertes.

A atmosfera controlada baseia-se na modificação e no monitoramento periódico da concentração dos gases como CO₂, N₂ e O₂, no ambiente de armazenamento. Já a atmosfera modificada é aquela formada em recipiente hermeticamente fechado, criada ao redor do produto, devido à impermeabilidade da embalagem e à respiração do produto e demais organismos vivos ali presentes, porém, sem controle das concentrações dos gases formados ou existentes (WHITE e LEESCH, 1996). Já o armazenamento hipobárico, segundo Chitarra e Chitarra (1990), corresponde ao armazenamento sob vácuo parcial, devido à redução na pressão parcial de O₂.

Segundo Ribeiro et al. (2011), o acondicionamento de grãos de café em embalagens enriquecidas com 60% de CO₂ apresentou os melhores resultados quanto à preservação da composição química, da cor e das características sensoriais.

Almeida e Morais (1997) observaram que o tipo de embalagem interfere na longevidade e na qualidade fisiológica de sementes de amendoim, ao longo do armazenamento. Segundo estes autores, a embalagem impermeável com atmosfera modificada é superior à semi-impermeável e à permeável.

Tomé et al. (2000) concluíram que a utilização da atmosfera controlada

com CO₂ e N₂ no controle de insetos não alterou as características tecnológicas do feijão, tais como teor de água, capacidade de absorção de água, tempo de cozimento e índice de cor.

Em estudos realizados por Faroni et al. (2009), observou-se que a utilização dos silos tipo bolsa com a atmosfera modificada são uma alternativa viável para a armazenagem de grãos de soja com teor de água entre 13% e 17% (b.u.), sem alterações qualitativas no óleo obtido a partir desses grãos.

2.3 Armazenamento do café

O armazenamento de grãos tem a finalidade de preservar a qualidade do produto estocado por um período que se estende da colheita até a comercialização, permitindo, assim, a adequada distribuição e o abastecimento de diferentes mercados consumidores (BORÉM, 2008).

As interações entre fatores abióticos, como temperatura, teor de água, concentração de gases, umidade relativa do ar, tipo e condições do armazém, características do sistema de armazenagem e fatores bióticos, como grãos, insetos, ácaros, fungos e bactérias, fazem com que os grãos armazenados se tornem um ecossistema cuja dinâmica, dependendo dos níveis dos fatores e do grau de interações, pode levar ao processo de deterioração dos mesmos, com maior ou menor velocidade (RIGUEIRA et al., 2009).

Alterações na qualidade da bebida dos grãos de café são evidenciadas durante o armazenamento, devido à degradação de compostos químicos e à geração de substâncias que conferem características indesejáveis ao paladar, afetando negativamente alguns atributos sensoriais, como acidez, sabor, doçura e corpo. Tais mudanças são mais acentuadas nos grãos acondicionados em sacos de juta, intensificando-se com o período de armazenamento e com o aumento da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente (RIBEIRO et al., 2011; NOBRE et al., 2007; COELHO et al., 2001; VIEIRA et al., 2001).

O método de armazenamento é classificado de acordo com a forma de acondicionamento e manuseio do produto: no armazenamento convencional, o café é armazenado em sacos de juta e, no armazenamento a granel, ele é estocado e manuseado sem sacaria (BORÉM, 2008). A maior parte do café brasileiro é armazenada no sistema convencional, ou seja, em sacos de juta, no qual o produto fica susceptível à perda de qualidade, devido à variação do teor de água dos grãos e à sua interação com o ar ambiente (RIBEIRO et al., 2011; BORÉM, 2008; CORRÊA et al., 2003; VIEIRA et al., 2001).

Segundo Borém (2008), além dos sacos de juta, vêm sendo utilizadas embalagens denominadas big-bags, com capacidade de até 1.200 kg. Esses big-bags têm a vantagem de se adaptarem facilmente ao manuseio mecanizado, minimizando o uso da mão de obra. Como desvantagem, destaca-se que ocorre uma redução da capacidade estática do armazém, devido à limitação da altura máxima de empilhamento.

Segundo Harris e Miller (2008), um dos desafios na exportação dos grãos de café é que, durante o transporte marítimo a longa distância, por períodos prolongados, o produto chega ao seu destino com alterações na qualidade inicial. Devido, principalmente, ao tempo prolongado de armazenamento do café em sacos de juta e em condições inadequadas, os grãos ficam susceptíveis às variações das condições ambiente, como temperatura e umidade relativa e, muitas vezes, produtos químicos voláteis são carregados perto dos contêineres de cafés, proporcionando diversas alterações, principalmente na cor, sabor e aroma.

Empresas brasileiras de produção e exportação de café vêm utilizando o acondicionamento hipobárico com sucesso na preservação da qualidade dos grãos. Entretanto, tem elevado custo, não sendo viável para diversos produtores (BORÉM et al., 2008).

Atendendo a uma demanda crescente por novas embalagens para grãos de café, recentemente, surgiram, no mercado, sacos plásticos impermeáveis a gases e à água, denominados GrainPro[®], os quais estão sendo utilizados para revestir internamente os tradicionais sacos de juta (TRUBEY; RAUDALES; MORALES, 2005).

Estudos realizados afirmam que o armazenamento em sistemas herméticos, que permitam a modificação ou o controle da atmosfera, apresenta-se como alternativa viável para a preservação da qualidade dos grãos de café, principalmente para a linha de cafés diferenciados, de alta qualidade e maior valor agregado, para os quais são aceitáveis certos gastos adicionais para a preservação de sua qualidade (RIBEIRO et al., 2011; BORÉM et al., 2008; NOBRE et al., 2007).

2.4 Aspectos relacionados à qualidade do café

A qualidade do café é determinada, principalmente, pelo seu sabor e aroma formados durante a torração, a partir de precursores presentes no grão cru. A formação e a presença destes precursores no grão dependem de fatores genéticos, ambientais e tecnológicos, como os métodos de processamento, secagem e armazenamento (FARAH et al., 2006; ALPIZAR e BERTRAND, 2004; MALTA; CHAGAS; OLIVEIRA, 2003).

2.4.1 Análise sensorial

Um produto pode apresentar excelentes características físicas, químicas e microbiológicas, porém, é imprescindível que as características sensoriais atendam aos anseios e às necessidades do consumidor (DELLA LÚCIA et al., 2006). O perfil sensorial é um fator determinante da qualidade dos cafés, segundo Illy (2002), e um provador de café deve ter sensibilidade olfativa e gustativa para poder diferenciar nuances especiais formadas na bebida do café, identificando com precisão a qualidade da bebida.

A tradicional prova de xícara, segundo a metodologia da Classificação Oficial Brasileira do café (COB), adotada no Brasil desde 1917, é largamente empregada para a classificação dos cafés commodities, classificando-os em bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riado, rio e rio zona (BRASIL, 2003). Com o crescimento do mercado de cafés especiais, têm sido adotados com maior frequência métodos de análises sensoriais descritivas pelas quais os provadores atribuem notas a cada atributo sensorial da bebida. Atualmente, destacam-se as metodologias da Specialty Coffee Association of America (SCAA) e da Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA).

O método da SCAA tem como objetivo identificar o potencial de qualidade e de utilização de um determinado café e preconiza a utilização de protocolos para a realização da análise sensorial, nos quais são descritos detalhadamente todos os procedimentos que devem ser utilizados para uma adequada avaliação das suas propriedades organolépticas. São atribuídas notas de 0 a 10 pontos na avaliação dos 10 principais atributos que compõem o perfil sensorial do café, como fragrância/aroma, uniformidade, defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, sabor residual, equilíbrio e impressão geral do café. A somatória das notas individuais de todos os atributos constitui a nota final, que representa a qualidade global do café, sendo considerados como especiais aqueles que apresentam notas acima de 80 pontos (LELOUP et al., 2004). Conjuntamente, é feita a descrição das principais características organolépticas da bebida, valorizando os atributos favoráveis e penalizando os desfavoráveis à sua qualidade.

A avaliação pelo método da BSCA utiliza a metodologia do “Cup of Excellence (CoE)”, na qual cada provador atribui notas de 0 a 8 pontos a cada um dos 8 principais atributos, como xícara limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, sabor residual, equilíbrio e impressão geral. A somatória das notas dos atributos individuais corresponde à classificação final da bebida, em que podem ser

acrescentados até 36 pontos, referentes à presença/ausência de defeitos, para a obtenção da nota final (BSCA, 2008).

Pelo fato de a análise sensorial do café ser uma classificação subjetiva, várias pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de relacionar as características sensoriais da bebida com características químicas e físico-químicas, com o objetivo de complementar/auxiliar a interpretação dos resultados obtidos na análise sensorial.

2.4.2 Avaliação física do café beneficiado

Os atuais procedimentos para avaliação do café comercial, isto é, os grãos crus, que recebem a denominação de “café verde”, baseiam-se em uma série de análises. Nas avaliações, consideram-se as características físicas como forma, tamanho, cor, uniformidade dos grãos e tipo de bebida. Em razão de estar diretamente relacionada à qualidade de bebida, a cor do grão cru tem grau de importância superior ao do tamanho, sendo também uma das características que mais chamam a atenção durante a comercialização (MONTEIRO, 2002). A coloração dos grãos tem importância, do ponto de vista econômico, pois grãos descoloridos recebem menor preço no mercado.

A mudança de coloração que ocorre nos grãos de café, durante o armazenamento, é um fenômeno conhecido como branqueamento, no qual a cor verde-azulada muda gradualmente para verde-amarelada, amarela ou totalmente esbranquiçada. A intensidade do branqueamento está diretamente relacionada com as condições ambientais e a fatores como danos sofridos pelos grãos, luz, umidade relativa, temperatura, teor de água, tempo de armazenagem e tipo de embalagem. Essa variação na cor dos grãos crus constitui um forte indicativo de ocorrência de processos oxidativos e transformações bioquímicas de natureza enzimática que irão alterar a composição dos precursores do sabor e aroma dos grãos, resultando na queda de qualidade da bebida (RIBEIRO et. al., 2011;

AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; CORRÊA et al., 2003; GODINHO et al., 2000; VILELA; CHANDRA; OLIVEIRA, 2000).

Alguns autores (RIGUEIRA et al., 2009; AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; GODINHO et al., 2000; LOPES et al., 2000; LEITE et al., 1999) observaram que, quando o café é armazenado com casca, ocorre uma menor variação na cor, quando comparado com o café beneficiado, uma vez que os revestimentos externos do fruto contribuem para a sua proteção, reduzindo os possíveis efeitos ambientais. Entretanto, o armazenamento do café na sua forma em coco ou em pergaminho não é um método adotado comercialmente pelas cooperativas e armazéns gerais.

Ribeiro et al. (2011), ao estudarem o efeito do método de acondicionamento sobre a coloração dos grãos de café, concluíram que o uso de embalagens herméticas intensificou a coloração verde dos grãos ao longo do armazenamento.

Segundo Rigueira et al. (2009), a ausência de luz durante o período de armazenamento contribui para a manutenção da qualidade, principalmente no que se refere à bebida. Lopes (2000) analisou, durante o armazenamento, a influência da luz sobre a cor dos grãos e a qualidade de bebida de café beneficiado e verificaram que nem todos os comprimentos de onda têm efeito maléfico na qualidade. Somente com a exposição do café à luz branca e à luz transmitida nos comprimentos de onda da faixa do violeta-azul é que se podem verificar alterações na cor e na qualidade da bebida do café.

2.4.3 Análises de condutividade elétrica e lixiviação de potássio

Durante o armazenamento do café podem ocorrer alterações fisiológicas que comprometem a qualidade da bebida. Essas alterações podem ser indicadas pelos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, os quais têm se apresentado como indicadores da desorganização das membranas celulares e da perda de constituintes dos grãos (MALTA; PEREIRA; CHAGAS, 2005;

MARCOS FILHO et al., 1990; PRETE, 1992). Estas análises têm apresentado correlação negativa com a qualidade da bebida do café, sendo o aumento da quantidade de exsudados na água de embebição um indicativo de desintegração de membranas (RIBEIRO et al., 2011; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; REINATO et al., 2007; MALTA; PEREIRA; CHAGAS, 2005; SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008; COELHO et al., 2001; PRETE, 1992; AMORIM, 1978).

2.4.4 Análises químicas

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de relacionar as características sensoriais da bebida com a composição química dos grãos, com o objetivo de complementar e auxiliar a interpretação dos resultados obtidos na análise sensorial (RIBEIRO et al., 2011; RIGUEIRA et al., 2009; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; MARQUES et al., 2008; NOBRE et al., 2007; REINATO et al., 2007; ALPIZAR; BERTRAND, 2004; MALTA; CHAGAS; OLIVEIRA, 2003; GODINHO et al., 2000; CARVALHO et al., 1994).

O conteúdo lipídico, um dos principais componentes nos grãos de café arábica, de aproximadamente 15%, é facilmente oxidado durante a estocagem (FOURNY et al., 1982). A maioria dos lipídios encontra-se na fração de óleo localizada no endosperma e uma pequena quantidade (0,2% a 0,3%) está localizada na camada de cera que circunda o grão. O teor de ácidos graxos livres (AGL) em café arábica é em torno de 1,0% a 1,5%. Entre eles, os encontrados em maiores quantidades são o palmítico (C16:0), o esteárico (C18:0), o oleico (C18:1) e o linoleico (C18:2) (SPEER; KÖLING-SPEER, 2006).

As primeiras modificações associadas à deterioração de sementes, em geral, correspondem à acidificação, causada, em parte, pelo aumento de ácidos graxos livres produzidos pelas lípases. Essa formação de ácidos graxos livres pode ocorrer sob condições adversas de manejo pós-colheita, como as condições inadequadas de armazenamento (SOARES, 2003).

A hidrólise dos triacilgliceróis durante o armazenamento do café libera ácidos graxos (AG) que, por sua vez, podem ser oxidados na presença de oxigênio, dando origem a outros compostos, como os aldeídos voláteis que são associados ao sabor e ao aroma desagradáveis. Entretanto, a liberação dos AG não é uniforme e a degradação se dá de forma diferenciada de um ácido para outro (JHAM; MULLER; CECOM, 2008; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008). Reduções significativas no conteúdo dos ácidos graxos insaturados linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3) são observadas em grãos rançosos, enquanto os teores do maior ácido saturado, o ácido esteárico (C18:0), permanecem praticamente inalterados (JHAM; MULLER; CECOM, 2008).

Segundo Biaggioni e Ferreira (1998), durante o armazenamento, a hidrólise do material graxo inicia-se antes da hidrólise de carboidratos ou proteínas. Portanto, a análise de ácidos graxos livres pode ser utilizada como um indicador da deterioração dos grãos ao longo do armazenamento.

Aumentos significativos no teor de ácidos graxos livres foram observados, por meio do teste de acidez graxa, ao longo do armazenamento (CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008). No entanto, o teste de acidez graxa expressa o teor de ácidos graxos livres em função da acidez do óleo, porém, a acidez do óleo pode ser influenciada também por outros compostos ácidos. Dessa forma, o teor de ácidos graxos livres determinados por esse método é apenas um valor aproximado (SPEER; KÖLING-SPEER, 2006).

Segundo a Organização Internacional do Café (OIC, 1991), a doçura é uma das características de sabor mais desejáveis nos cafés gourmet. Ainda é discutível quais são o tipo e a concentração de açúcares nos grãos que exerceriam maior influência na qualidade da bebida. No entanto, sabe-se que a sacarose é o açúcar de maior concentração nos grãos de café cru, com aproximadamente 63-90 mg/g de matéria seca na espécie arábica (CLARK, 2003), a qual é degradada em quase sua totalidade, durante a torração,

originando açúcares menores, precursores de ácidos carboxílicos e aldeídos, responsáveis pelo aroma (FARAH et al., 2006).

Estudos indicam que operações pós-colheita exercem influência no teor de açúcares. Sabe-se que o método de acondicionamento e o tempo de armazenamento podem exercer influência na quantidade e na proporção dos diversos tipos de açúcares nos grãos de café.

Ribeiro et al. (2011) observaram oscilações nos teores de açúcares totais e não redutores ao longo do armazenamento, não sendo possível estabelecer uma relação de aumento ou diminuição dessas variáveis com o modo de acondicionamento. Entretanto, verificaram redução nos valores de açúcares redutores ao final do armazenamento, e esses açúcares estão diretamente relacionados com a atividade respiratória dos grãos.

Nobre et al. (2007) concluíram que a diferença de qualidade observada nos cafés armazenados sob diferentes acondicionamentos não pode ser explicada pelas variações dos teores de açúcares totais, redutores e não redutores. Entretanto, sugerem o estudo do fracionamento dos açúcares.

Selmar, Bytof e Knopp (2008), estudando o efeito do processamento dos grãos de café armazenados com pergaminho em caixas herméticas, observaram reduções nos teores de glicose, frutose e no conteúdo do aminoácido glutamina. No entanto, as mudanças observadas no teor de açúcar e aminoácidos não se correlacionaram com a viabilidade dos grãos de café.

O aroma e o sabor do café são formados por uma mistura extremamente complexa de inúmeros compostos voláteis. A alta aceitabilidade do café deve-se a diversos fatores, sendo o aroma um dos mais importantes. Durante o processo de torração ocorrem diversas reações a partir dos compostos presentes no grão cru, como proteínas, sacarose, ácidos clorogênicos, trigonelina e lipídeos, formando compostos voláteis e não voláteis que são responsáveis pela qualidade da bebida (FLAMENT, 2002).

Scheidig, Czerny e Schieberle (2007), estudando o efeito do armazenamento de grãos de café cru sob diferentes temperaturas, vários teores de água e disponibilidade de oxigênio, encontraram aumentos significativos na concentração de ésteres metílicos, em particular, 2 e 3-metil-butanoico, responsável pelo odor frutado, agradável em baixas concentrações e valores mais elevados nas concentrações de 2-metoxi-4-vinifenol e 2-metoxi-5-vinilfenol, que promovem o odor pronunciado de fumaça e cravo.

As paredes celulares de plantas são as maiores fontes de fibras. A fibra bruta (FB) é constituída, principalmente, por celulose, hemicelulose e lignina, componentes da parede celular responsáveis pela sustentação vegetal. Por sua vez, a fibra em detergente neutro (FDN) é constituída basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada, e a fibra em detergente ácido (FDA) de celulose e lignina somente (SILVA, 1998).

Os frutos de café têm muito pouco amido e alto conteúdo de polissacarídeos associados à parede celular. Destes, a celulose e a hemicelulose são encontradas em maior quantidade (WOLFRON; PATIN, 1964). A celulose é um componente básico da parede celular e, em grãos de café, encontra-se associada a polissacarídeos, como hemicelulose, pectina e também à lignina, o que dificulta sua degradação. A relação lignina/celulose determina a intensidade de degradação microbiana da parede celular (VAN SOEST, 1994).

Importante salientar que a degradação dos polissacarídeos pécticos está relacionada à desintegração da parede celular, provocada pela ação de injúrias mecânicas, fisiológicas e microbianas (PIMENTA; VILELA; CARVALHO JÚNIOR, 2004).

Durante as fases pré e pós-colheita há um contínuo metabolismo nos grãos, de tal forma que tais mudanças químicas afetam o sabor do café. Algumas destas transformações bioquímicas podem degradar as paredes e as membranas celulares e, conseqüentemente, alterar o teor de fibras nos grãos de café. No

termo fibra bruta encontram-se as frações de celulose e lignina insolúvel, representando a grande parte da fração fibrosa dos alimentos (SILVA, 1990) e, supõe-se, influenciar de certa forma a qualidade. Entretanto, no café, tem recebido pouca atenção das pesquisas.

2.5 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 Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, 2003.

ALMEIDA, F. DE A. C.; MORAIS, J. DE S. Efeitos do beneficiamento, tipo de embalagem e ambiente de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 2, n. 22, p. 27-33, 1997.

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-India: ASIC, 2004. CD ROOM.

ALVES, M. Metodologia tradicional de avaliação de qualidade de café vs. métodos eletrônicos alternativos In: SALVA, T DE J. G.; GUERREIRO FILHO, O.; THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C. (Ed.). **Cafés de qualidade: aspectos tecnológicos, científicos e comerciais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2007. p. 389-410.

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

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. Armazenamento do café. In: BORÉM, F. M. et al. 2008 (Ed.). **Armazenamento do café**. Lavras: UFLA, 2008. p. 351-388.

BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, p. 22-29, 13 jun. 2003. Seção 1.

BRAZILIAN SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés especiais**. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br>>. Acesso em: out. 2009.

CARVALHO, V. D. et al. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 4449-445, 1994.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CLARK R. J. Green coffee. In: CABALLERO, F.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. M. **Encyclopedia in food sciences and nutrition**. London: Academic Press, 2003, p. 1481-1487.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; VILELLA, E. R. Qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 2, p. 22-27, 2001. Volume Especial.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café, safra 2013 primeira estimativa, janeiro/2013**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 06 jan. 2013.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.

CORRÊA, P. C. et al. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento em condições diversas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 7, p. 137-147, 2003. Especial Café.

DELLA LUCIA, S. M.; MININ, V. P. R. M.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MININ, V. P. R. M. (Ed.) **Análise sensorial. Estudos com consumidores**. Viçosa: UFV, 2006. 225p.

FARAH, A. et al. Chlorogenic acids and lactones in regular and water-decaffeinated Arabica coffees. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, p. 374-381, 2006.

FARAH, A. et al. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

FARONI, L. R. A. et al. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p. 91-100, 2009.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry**. Chichester: J. Wiley, 2002. 424 p.,

FOURNY, G.; CROS, E.; VINCENT, J. C. Etude préliminaire de l'oxydation de l'huile de café. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE – CHEMISTRY, 10., 1982, Paris, **Proceedings...** Paris-France: ASIC, 1982. p. 235-246.

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.

HARRIS, R. L.; MILLER, A. Storing & preserving green coffee – part 2. **Roast Magazine**, New York, p. 31-38, July/Aug. 2008.

ILLY, E.A. A saborosa complexidade do café. **Scientific American**, New York, v. 286, n.6, p. 48-53, 2002.

JHAM, G.N., MULLER, H.V., CECON, P. Triacylglycerol molecular species variation in stored coffee beans determined by reverse-high-performance liquid chromatography/refractive index detector. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 44, p. 82-89, 2008.

LEITE, R. A. et al. Avaliação por métodos físicos da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) pré-processado por “via seca” e “via úmida” durante dez meses de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 106-115, 1999.

LELOUP, V. et al. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN

COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

LOPES, L. M. V. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 25, p. 3-8, 2000. Especial 1.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. DE R.; OLIVEIRA, W. M. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial Café.

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

MARCOS FILHO, J. et al. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.

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. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, 2008.

MONTEIRO, M. A. M. Caracterização da bebida de café (*Coffea arabica* L.): análise descritiva quantitativa, análise tempo-intensidade e testes afetivos. 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MORENO, M. E.; JIMENEZ, A. S.; VAZQUEZ, M. E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **Journal Stored Product Research**, Oxford, v. 36, p. 25-36, 2000.

NOBRE, G. W.; BORÉM, F. M.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2007.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Estudios de investigación de evaluación sensorial sobre la calidad del café cultivado en la región de Patrocinio en el Estado de Minas Gerais en Brasil.** Londres, 1991. 28p. (Reporte de Evaluación Sensorial).

PAIVA, E. F. F. **Análise sensorial dos cafés especiais do Estado de Minas Gerais.** 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PIMENTA, C. J.; VILELA, V. R.; CARVALHO JUNIOR C. de Componentes de parede celular de grãos de frutos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tempos à espera da secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy.** Maringá, v. 26, n. 2, p. 203-209, 2004.

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 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1992.

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

RIBEIRO, F. C. et al. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research,** Oxford, 47, 341-348, 2011.

RIGUEIRA, R. J. DE A. et al. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura,** Jaboticabal, v. 17, n. 4, p. 323-333, 2009.

SCHEIDIG, C.; CZERNY, M.; SCHIEBERLE, P. Changes in key odorants of raw coffee beans during storage under defined conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** Washington, v. 55, p. 5768-5775, 2007.

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, n. 1, p. 31-38, 2008.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, MG: UFV, 1990. 165 p.

SILVA, M. C. et al. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1782-1787, 2009. Especial.

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.

SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 201-216, 2006.

TOMÉ, P. H. F. et al. Uso da atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ na preservação das qualidades tecnológicas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 25, n. 16, p. 16-22, 2000.

TRUBEY, R.; RAUDALES, R.; MORALES, A. Café britt hermetic cocoon storage trial II report. Beneficio Pataliyo, Costa Rica: **Mesoamerican Development Institute Corp**, 2005. 14 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VIEIRA, G. et al. Avaliação da qualidade de café beneficiado armazenado em silo com e sem aeração e em sacos de juta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 75-90, 2001.

VILELA, E. R.; CHANDRA, P. K.; OLIVEIRA, G. A. DE 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.

WHITE, N. D. G.; LEESCH, J. G. CHEMICAL CONTROL. In: SUBRAMANYAM, B., HAGSTRUM, D. W. **Integrated Management of Insects in Stored Products**. New York: Marcel Decker, 1996. p.287-330.

WOLFRON, M. L.; PATIN, D. L. Isolation and characterization of cellulose in the coffee bean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 12, n. 1, p. 376-379, 1964.

PARTE 2 - ARTIGOS

ARTIGO 1

**ARMAZENAMENTO DE CAFÉ ESPECIAL EM
ACONDICIONAMENTOS COM ATMOSFERA ARTIFICIAL**
*Versão preliminar de artigo – Sujeito a alterações pelo corpo editorial
da revista.*

Revista: Ciência Rural (IF: 0,33)

AUTORES

RESUMO

A preservação da qualidade do café depende, essencialmente, das condições de armazenamento, destacando-se como fatores de maior importância, a temperatura e a umidade relativa ambiente, o teor de água do produto e a composição do ar intergranular. O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a composição física, química e sensorial do café beneficiado, classificado como especial, armazenado em diferentes tipos de acondicionamento, por 12 meses. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em esquema fatorial (5x8), corresponde a cinco tempos de armazenamento e oito métodos de acondicionamentos. O saco plástico similar ao GrainPro[®] apresentou-se como permeável a gases. Os grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional e em câmara controlada apresentaram aumento e diminuição no teor de água, respectivamente, durante o armazenamento. Os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio aumentaram em todos os métodos de acondicionamentos. Os teores de ácidos orgânicos foram mantidos nos diferentes métodos de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento. Os grãos de café perdem qualidade sensorial, independente do método de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento. Os grãos de café acondicionados na embalagem aluminizada com atmosfera modificada ativamente (injeção de 10% de CO₂) apresentaram a menor oscilação das notas na avaliação sensorial, durante o período de armazenamento. Os grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional não se classificaram na categoria de cafés especiais, após 12 meses de armazenamento.

Palavras-chave: Armazenamento hermético. Ácidos orgânicos. Análise sensorial.

INTRODUÇÃO

O café é importante fonte de divisas para a economia brasileira, sendo o segundo produto na pauta das exportações agrícolas do Brasil. O país é o maior exportador e produtor mundial desse produto, com produção estimada, na safra 2013, de 46,98 milhões de sacas de 60 kg do café beneficiado, mais de 30% da produção mundial (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

No entanto, o Brasil, internacionalmente, é ainda conhecido como fornecedor de grande quantidade de cafés comuns e de baixo preço, enquanto outros países produtores, como Colômbia, Guatemala, Costa Rica e Quênia, são reconhecidos como produtores de cafés de atributos sensoriais diferenciados, classificados como cafés especiais.

A demanda por cafés especiais no mercado mundial é crescente e em proporções muito maiores do que a dos cafés comuns. Por essa razão, campanhas visando aumentar o consumo e melhorar a qualidade do café brasileiro têm sido adotadas, resultando na criação de associações, tais como Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA), Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado (CACCCER) e Associação de Cafeicultura Orgânica (ACOB) que, aliadas a uma política de “marketing”, procuram reverter esse quadro de inferioridade perante os compradores internacionais.

O valor comercial dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) está diretamente relacionado com a sua qualidade. As características que definem a qualidade dos grãos de café e determinam sua aprovação podem ser agrupadas nas que dependem do aspecto físico dos mesmos, como uniformidade, forma, tamanho e cor e nas que se referem a seu aroma e sabor. Dos aspectos físicos apresentados pelos grãos beneficiados, a cor é extremamente importante, uma vez que dela dependerão a aceitação ou a rejeição do produto.

A preservação desses atributos sensoriais desejáveis depende, essencialmente, das condições de armazenagem do café. Durante o armazenamento, destacam-se, como fatores de maior importância, a temperatura ambiente, a umidade relativa e a composição da atmosfera. O teor de água do grão de café é também de grande importância, uma vez que altos teores causam perda de qualidade da bebida e mudança na coloração, passando da tonalidade verde-azulada, característica do produto de boa qualidade, à coloração esbranquiçada, fenômeno conhecido como "branqueamento" (RIBEIRO et al., 2011; NOBRE et al., 2007; AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; LOPES et al., 2000; CARVALHO et al., 1994; BACCHI, 1962).

Segundo Arêdes et al. (2002), os polissacarídeos presentes nos grãos de café, advindos da degradação do amido, podem ser metabolizados e produzir o dióxido de carbono (CO₂). Tal fato pode causar perda de massa durante o armazenamento e a produção de alguns ácidos prejudica a qualidade do produto. Assim, a redução da massa de matéria seca dos grãos é um indicativo a mais para a avaliação da perda de qualidade.

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio têm se apresentado como indicadores da relação entre a desorganização das membranas celulares e a perda de constituintes dos grãos (MALTA et al., 2005; MARCOS FILHO et al., 1990; PRETE, 1992). Estas análises têm apresentado correlação negativa em relação à qualidade da bebida do café, em que o aumento da quantidade de exsudados determinados na água de embebição corresponde à perda de qualidade do produto (CORADI et al., 2007; REINATO et al., 2007; MALTA et al., 2005; COELHO et al., 2001; PRETE 1992; AMORIM 1978).

A acidez em grãos de café tem sido apontada como um bom indicativo da qualidade do produto, sendo pequenas quantidades de ácidos orgânicos necessárias para conferir acidez essencial à bebida (GINZ et al., 2000). Os principais ácidos encontrados em grãos de café verde são o cítrico, o málico, o

clorogênico e o quínico. Rivera (1999) relatou que alguns ácidos orgânicos, mesmo em pequenas concentrações, promovem efeitos diferenciados na avaliação sensorial.

Há estudos nos quais se afirma que o armazenamento em sistemas herméticos, que permitam a modificação ou o controle da atmosfera, apresenta-se como alternativa viável na preservação da qualidade dos grãos de café, principalmente para a linha de cafés diferenciados, de alta qualidade e maior valor agregado, para os quais são aceitáveis certos gastos adicionais para a preservação de sua qualidade (RIBEIRO et al., 2011; BORÉM et al., 2008; NOBRE et al., 2007).

Neste contexto, o estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a composição física, química e sensorial do café beneficiado, classificado como especial, armazenado em diferentes tipos de acondicionamento, por 12 meses.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da matéria-prima

O experimento foi instalado no armazém comercial da empresa Bourbon Specialty Coffees S/A, na cidade de Poços de Caldas, MG e no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA).

A matéria-prima necessária para o experimento foi fornecida pela Bourbon Specialty Coffees S/A. Os grãos de café (*Coffea arabica* L.), provenientes de um único lote comercial, safra 2011, foram previamente beneficiados, selecionados e caracterizados quanto à bebida, com nota superior a 85 pontos, de acordo com a escala da Specialty Coffee Association of América (SCCA).

Embalagens

Os grãos de café foram acondicionados em cinco tipos de embalagem: sacos de juta, sacos GrainPro[®], sacos plásticos similares ao GrainPro[®], embalagens aluminizadas 1(EA1) e embalagens aluminizadas 2(EA2). A especificação da constituição do material de cada embalagem é apresentada na Tabela 1. Essas embalagens foram escolhidas, pois empresas produtoras e exportadoras de grãos de café vêm utilizando-as durante o armazenamento. No entanto, estudos científicos não foram realizados para validar os efeitos de cada tipo de embalagem na manutenção da qualidade do café, ao longo do armazenamento.

Tabela 1 - Especificação das embalagens usadas no experimento.

Embalagem	Especificação
Saco de juta	Fabricado com fibras naturais de juta trançadas. Embalagem permeável à água e gases.
Sacos GrainPro [®]	Características: saco transparente, esverdeado, permeabilidade ao O ₂ (23 °C, a seco), permeabilidade ao vapor d'água (38 °C, UR 90%). Composição: camadas de polietileno, barreiras antigases e polietileno.
Sacos plásticos similares ao GrainPro [®]	Características: saco transparente, esverdeado, liso, <i>primer</i> , atóxico. Composição: 40% polietileno de baixa densidade convencional + 60% polietileno linear com deslizante + 0,3% corante verde.
Embalagem aluminizada 1	Características: embalagem prata metalizada com coloração branca no interior. Composição: poliéster metalizado (gramatura-17g/m ²) + adesivo (gramatura-2g/m ²) + filme de polietileno leitoso (gramatura-80g/m ²). Gramatura total de 100g/m ² .
Embalagem aluminizada 2	Características: embalagem prata metalizada com coloração prata no interior. Composição: poliéster transparente (12 micra) + poliéster metalizado (12 micra) + Polietileno Coex com Alta Densidade (150 micra). Total de 174 micra por parede.

Embalagem aluminizada 1 = EA1

Embalagem aluminizada 2 = EA2

Durante o processo de acondicionamento dos grãos nas embalagens plásticas, foram estabelecidas três condições com relação à concentração gasosa, sendo:

- (1) atmosfera modificada passivamente: as embalagens (saco GrainPro[®], saco similar ao GrainPro[®], EA1 e EA2) foram fechadas hermeticamente, formando, assim, dentro destas embalagens, uma atmosfera modificada, na ausência da adição de gases;
- (2) atmosfera modificada ativamente: aplicada na embalagem (EA1). Essa técnica foi escolhida, pois, atualmente, é utilizada no armazenamento e no transporte de diversos produtos agrícolas. Em estudos recentes utilizou-se uma atmosfera modificada com 60% (Ribeiro et al., 2011) e 40% (Borém et al., 2008) de dióxido de carbono, durante o armazenamento dos grãos de café. Porém, não são conhecidas as condições limite adequadas para grãos de café cru;
- (3) vácuo: essa condição de atmosfera será aplicada na embalagem (EA1); a pressão parcial de oxigênio (O₂) será reduzida empregando-se vácuo parcial nas embalagens.

O dióxido de carbono (CO₂) foi injetado de forma que expulsava progressivamente para o exterior o ar intergranular, até que a concentração do gás atingisse o nível desejado de 10±2%, medido pelo equipamento Anagas-CD98 acoplado à saída da embalagem. A concentração do gás no interior das embalagens foi quantificada a cada três meses.

O vácuo foi realizado na máquina TecMaq-300 e, para atingir as condições desejadas, o potenciômetro de tempo de vácuo no equipamento foi ajustado no nível 3, obtendo-se um vácuo de -540 mmHg na embalagem, equivalente a aproximadamente 95% do volume total.

Implantação do experimento

As embalagens com capacidade para 8 kg, com dimensões de 50 cm de altura e 45 cm de largura, foram armazenadas em condição ambiente (armazém convencional). No entanto, o saco de juta foi acondicionado no armazém convencional e em câmara com condições controladas.

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar ambiente foram registrados diariamente, por meio de um termo-higrógrafo instalado próximo à área experimental. No ambiente com condições controladas, a câmara climática foi programada para temperatura de 15 °C e umidade relativa de 60%.

As amostragens para avaliação da qualidade foram realizadas em intervalos de três meses, sendo a primeira no início do armazenamento, num período de 12 meses. A quantidade amostrada para a realização de todas as análises foi em torno de 500 g para cada embalagem.

Tratamentos, delineamento e análise estatística

Na Tabela 2 é apresentado um resumo com a identificação e a caracterização dos tratamentos.

Tabela 2 - Identificação e caracterização dos tratamentos.

Tratamentos (identificação)	Embalagem	Atmosfera artificial	Condição de armazenamento
EA1-AMP	EA1	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
EA1-AMA	EA1	Atmosfera modificada ativamente	Armazém convencional
EA1-V	EA1	Vácuo	Armazém convencional
GP	Saco GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
J-AC	Saco de juta	Não	Armazém convencional
J-CC	Saco de juta	Não	Câmara controlada
EA2	EA2	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
S-GP	Saco similar ao GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional

Neste trabalho foi estudado o efeito do método de acondicionamento de grãos de café beneficiados durante o armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições em esquema fatorial 5x8, correspondendo a cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses) e oito métodos de acondicionamentos (EA1-AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP, J-AC, J-CC, EA2, S-GP). Após a análise variância as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para os métodos de acondicionamento. No estudo do efeito tempo do tempo de armazenamento foi realizado uma análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Caracterização da qualidade

A qualidade dos grãos de café foi avaliada por meio de análises físicas, químicas e sensoriais. As análises foram realizadas no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, no Departamento de Engenharia da UFLA; no Laboratório de Cromatografia, no Departamento de Química da UFMG e no Laboratório de Qualidade do Café, na Epamig de Lavras.

A avaliação das variáveis físicas, químicas e sensoriais foi realizada nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, com exceção da variável ácidos orgânicos que foi analisada nos tempos 0 e 12 meses de armazenamento.

O teor de água dos grãos crus de café foi determinado pelo método de estufa, a 105 ± 1 °C, por 16 horas, conforme o método padrão da ISO 6673 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1999). A cor dos grãos crus de café foi determinada pelo colorímetro Minolta modelo CR 300, por leitura direta das coordenadas L, a, b.

A massa de 1.000 grãos (M_{mg}) foi determinada de acordo com Brasil (2009). A massa seca de 1.000 grãos (MS_{mg}) foi calculada descontando-se a

massa de água contida na massa total (SANTOS, 2011). A massa específica aparente foi obtida utilizando-se uma balança de peso hectolítrico, com capacidade de um litro, tendo a massa específica aparente da matéria seca (ρ_{ms}), em kg m^{-3} , foi calculada descontando-se a massa de água contida em um determinado volume de grãos (SANTOS, 2011).

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Krzyzanowsky et al. (1991). O resultado da condutividade elétrica foi calculado expressando-se o resultado em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de grãos. Após a leitura da condutividade elétrica, as soluções foram submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviado, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Com os dados, calcula-se a quantidade de potássio lixiviado, expressando-se o resultado em $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Na determinação dos ácidos orgânicos procederam-se à extração e à derivatização das amostras de café cru (~50 mg) em tubo de microcentrífuga de 2 ml, foram extraídas com 500 μl de tetra-hidrofurano (THF) em banho ultrassônico por 15 minutos. Após centrifugação, a 6.000 rpm, por 3 minutos, uma alíquota de 250 μl do sobrenadante foi retirada em tubos de microcentrífuga de 1,5 ml e secas sob ar quente (60 °C). Em seguida, foram adicionados 50 μl do agente sililante MSTFA e, então, o tubo fechado foi colocado em forno de micro-ondas doméstico (Panasonic Piccolo), por 3 minutos, na potência média (180 W). Uma alíquota de 2 μL foi injetada diretamente no cromatógrafo para análise, sem qualquer purificação. As análises foram realizadas em um cromatógrafo a gás HP7820, equipado com detector por ionização de chamas. Utilizou-se uma coluna HP5 (Agilent) 30 m x 0,32 mm x 0,25mm, com gradiente de temperatura: 150°C, 0 min, 12 °C/min até 300 °C; injetor (split de 1/30) a 280 °C e detector a 300 °C. Hidrogênio como gás de arraste (3 ml/min) e volume de injeção de 2 μl .

A análise sensorial foi realizada por juízes certificados pela SCAA, baseando-se no protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), de acordo com a metodologia proposta por Lingle (2011), para avaliação sensorial de cafés especiais, com atribuição de notas para fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, doçura, uniformidade, xícara limpa, balanço e impressão global. O processo de torração das amostras foi realizado com 100 g de grãos, monitorando-se a temperatura e o tempo de torra, não inferior a 8 minutos ou superior a 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência mínima de 12 horas à degustação. O resultado final da avaliação sensorial foi obtido de acordo com a escala de pontuação da SCAA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação da concentração de dióxido de carbono

Observou-se, nos acondicionamentos EA1-AMP, EA2 e GP, aumento na concentração do gás durante o armazenamento (Tabela 3). A concentração de CO₂ determinada no interior dos acondicionamentos foi, em média, 12, 18 e 11 vezes maior que a concentração da atmosfera natural, respectivamente, sendo que na atmosfera natural equivale em torno de 0,03% (MANAHAN, 2000). O resultado indica que as embalagens são impermeáveis ao gás dióxido de carbono. No entanto, no acondicionamento em saco similar ao GrainPro® (S-GP), a concentração de CO₂ permaneceu com valores próximos ao determinado na atmosfera natural, durante o armazenamento (Tabela 3).

Verificou-se, no acondicionamento em embalagem aluminizada 1 sob atmosfera modificada ativamente (EA1-AMA), redução da concentração do gás no início do armazenamento. Entretanto, a partir do terceiro mês, observou-se tendência de estabilização da concentração, mantendo-se em torno de 7% (Tabela 3). A aparente redução seguida por ligeira estabilização na concentração

de CO₂ pode estar associada à sorção de CO₂ pelos grãos. O fenômeno de sorção de CO₂ por produtos agrícolas já foi relatado por outros autores (SHUNMUGAM et al., 2005; COFIE-AGROBAR et al., 1995). Grãos de trigo, canola e cevada são capazes de sorver quantidades significativas de CO₂. Além disso, as taxas de sorção diminuem com o tempo, até que ocorra um equilíbrio entre a concentração de CO₂ intra e intergranular. Esse equilíbrio depende da concentração inicial de CO₂, do tipo de grão, da temperatura e do teor de água. Borém et al. (2013) descreveram o fenômeno de sorção de CO₂ por grãos beneficiados de café, destacando que, diferentemente de outros grãos, como os cereais, a sorção de gases pelo café cru pode alterar sua composição de tal maneira que, após sua torração, a qualidade final da bebida seja modificada.

Tabela 3 - Valores médios da concentração de dióxido de carbono (CO₂) (%) nos diferentes métodos de acondicionamento, ao longo do armazenamento.

Acondicionamentos	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	3	6	9	12
EA1-AMP	0,04	0,25	0,37	0,32	0,35
EA1-AMA	11,23	7,27	7,63	7,76	7,82
EA2	0,03	0,36	0,43	0,51	0,54
GP	0,04	0,24	0,29	0,30	0,33
S-GP	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04

Caracterização do ambiente de armazenamento

Os dados referentes aos valores médios da temperatura e da umidade relativa, nos meses correspondentes ao período de armazenamento dos grãos de café, podem ser observados na Figura 1. Observa-se que a umidade relativa e a temperatura variaram naturalmente, em decorrência das condições climáticas. A temperatura do ambiente variou de 17,1 °C a 26 °C e a umidade relativa de 61,1% a 70,5%.

Dentre os vários fatores que afetam a conservação de grãos, a interação das variações na umidade relativa do ar e na temperatura influencia diretamente a manutenção da qualidade dos grãos mantidos em armazém convencional. Isso

foi comprovado pelo aumento no teor de água dos grãos aos três meses de armazenamento, no café armazenado em saco juta em armazém convencional (Tabela 4).

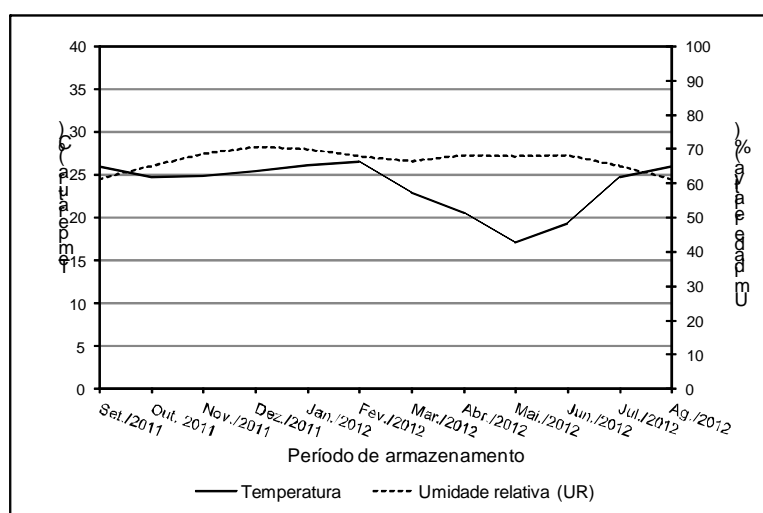


Figura 1 -. Valores médios mensais da temperatura e da umidade relativa do ambiente, no armazém convencional. Armazém comercial da Bourbon Specialty Coffees S/A, Poços de Caldas, MG.

Os grãos acondicionados em saco de juta e armazenados em armazém convencional (J-AC) apresentaram elevação do teor de água, durante doze meses de armazenamento, aumentando, em média, de 10,19% para 12,70% (b.u.). No entanto, grãos acondicionados em saco de juta e armazenados em condição controlada (J-CC), apresentaram uma diminuição dos valores, em média de 10,51% para 8,58% (b.u.) (Figura 2 e Tabela 4).

Os valores do teor de água dos grãos acondicionados em saco de juta (J-AC e J-CC) variaram significativamente dos demais métodos de acondicionamento aos nove meses de armazenamento (Tabela 4).

Os grãos, sendo higroscópicos, sofrem variações no teor de água, de acordo com as condições do ambiente. Portanto, quando estão armazenados em

embalagem permeável (saco de juta), que permite a interação com a umidade relativa do ar, realizam trocas gasosas, atingido o equilíbrio com o ar ambiente. Nas demais embalagens, caracterizadas como impermeáveis a água, o teor de água manteve-se estável ao longo do armazenamento.

O teor de água na faixa de 10-11% (b.u) é considerado seguro para armazenagem dos grãos de café (BORÉM, 2008; HARRIS; MILLER, 2008). O resultado desse estudo corrobora os obtidos por Ribeiro et al. (2011), o que demonstra que é possível manter estável o teor de água dos grãos de café beneficiados durante 12 meses, exceto no acondicionamento em saco de juta.

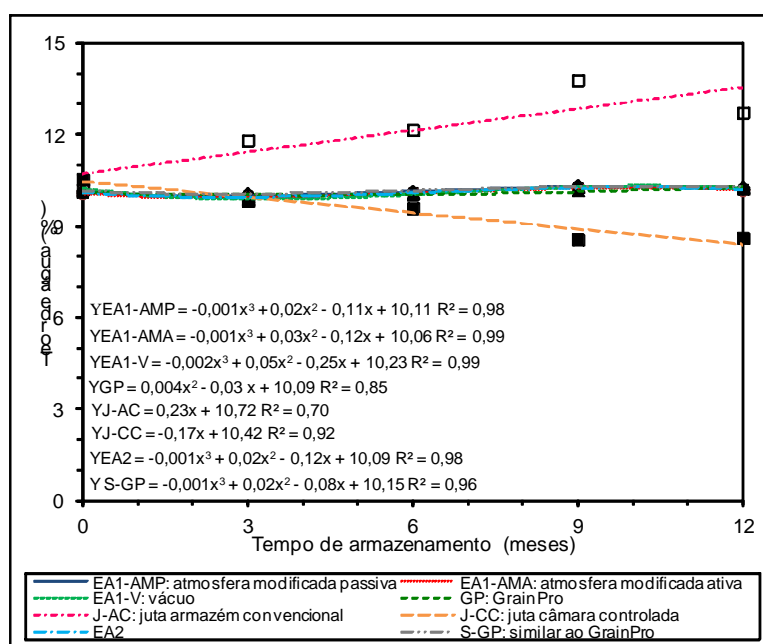


Figura 2 - Valores médios do teor de água (%), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Tabela 4 - Valores médios do teor de água, massa específica aparente da matéria seca, luminosidade, condutividade elétrica ($\mu\text{ S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$), lixiviação de potássio (mg.kg^{-1}) e análise sensorial (notas) em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

TEOR DE AGUA (%)								
Tempo de armazenamento (meses)	Tratamentos							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
0	10,11 a	10,07 a	10,24 a	10,12 a	10,19 a	10,51 a	10,10 a	10,15 a
3	10,00 a	9,91 a	9,87 a	9,95 a	11,81 b	9,80 a	9,94 a	10,07 a
6	10,11 a	10,08 a	10,04 a	10,06 a	12,12 b	9,58 a	10,11 a	10,13 a
9	10,30 b	10,23 b	10,28 b	10,15 b	13,77 c	8,55 a	10,24 b	10,31 b
12	10,21 b	10,18 b	10,22 b	10,27 b	12,7 c	8,58 a	10,21 b	10,27 b
Média Geral	10,14 b	10,09 b	10,13 b	10,11 b	12,11 c	9,40 a	10,12 b	10,18 b
CV = 3,51%								
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA MATÉRIA SECA (kg.m^{-3})								
0	593,11 a	587,34 a	593,32 a	591,02 a	593,52 a	594,31 a	588,79 a	589,85 a
3	589,45 a	580,22 a	589,1 a	607,87 b	579,6 a	587,52 a	600,65 b	576,28 a
6	570,84 a	574,18 b	584,79 b	577,66 b	557,5 a	576,81 b	577,17 b	562,8 a
9	572,82 b	570,61 b	571,62 b	569,26 b	534,73 a	585,97 b	570,92 b	568,7 b
12	585,39 b	592,4 b	582,24 b	586,34 b	550,29 a	605,32 c	582,38 b	589,81 b
Média Geral	582,32 a	580,95 a	584,21 a	586,43 a	563,12 a	589,98 a	581,98 a	577,48 a
CV = 1,34%								
LUMINOSIDADE (L)								
0	45,07 b	44,54 a	45,44 a	45,71 a	44,69 a	47,40 a	48,03 b	46,82 a
3	45,55 a	47,14 b	46,31 b	45,41 a	46,50 b	46,34 b	47,23 b	47,19 b
6	48,13 a	48,48 a	47,35 a	47,02 a	49,88 a	48,91 a	47,08 a	47,57 a
9	48,49 b	48,21 b	47,92 b	51,62 a	52,65 a	49,16 a	48,88 b	47,71 a
12	49,81 a	48,59 a	48,00 a	52,57 b	54,93 b	50,31 a	47,80 a	47,05 a
Média Geral	47,40 b	47,39 b	47,00 b	48,86 a	49,73 a	48,22 ab	47,80 b	47,26 b
CV = 2,59%								
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{ S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)								
Tempo de armazenamento (meses)	Tratamentos							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
0	75,02 a	78,34 b	73,63 a	76,21 a	72,20 a	77,59 b	73,27 a	74,58 a
3	76,14 a	74,06 a	70,00 a	74,16 a	79,31 a	72,64 a	68,44 a	74,70 a
6	77,19 a	74,92 a	78,73 a	81,53 a	94,48 b	75,42 a	68,07 a	72,16 a
9	83,78 a	81,61 a	75,07 a	78,99 a	108,82 b	85,12 a	77,05 a	77,06 a
12	136,83 a	141,84 a	133,45 a	140,97 a	184,95 b	143,64 a	136,08 a	145,18 a
Média Geral	89,79 b	90,15 b	86,18 a	90,37 b	107,95 c	90,88 b	84,58 a	88,74 b
CV = 6,88%								
LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO (mg.kg^{-1})								
0	24,24 a	23,07 a	22,43 a	22,89 a	21,91 a	24,09 a	23,59 a	23,46 a
3	24,42 a	25,50 a	24,71 a	24,30 a	22,86 a	24,23 a	24,24 a	23,77 a
6	22,30 a	21,59 a	24,30 a	22,33 a	27,83 b	22,57 a	20,52 a	22,33 a
9	23,35 a	23,49 a	22,16 a	24,76 a	32,13 b	26,38 a	23,10 a	23,14 a
12	41,30 b	44,32 b	40,18 a	41,09 b	54,66 c	42,68 b	43,65 b	40,29 b
Média Geral	27,12 a	27,59 a	26,76 a	27,07 a	31,88 b	27,99 a	27,02 a	26,60 a
CV = 6,90%								
ANÁLISE SENSORIAL (NOTAS)								
0	85,33 a	85,16 a	85,58 a	85,41 a	85,33 a	85,58 a	85,33 a	85,41 a
3	82,50 a	83,91 a	84,54 a	84,33 a	81,45 a	83,45 a	82,70 a	83,41 a
6	84,54 b	84,91 b	85,41 b	83,47 b	80,75 a	82,52 a	83,80 b	84,00 b
9	83,22 b	84,25 b	83,00 b	83,50 b	76,77 a	82,37 b	83,25 b	83,87 b
12	82,79 c	83,75 c	83,29 c	82,27 c	74,08 a	80,61 b	83,91 c	81,16 b
Média Geral	83,68 c	84,40 b	84,36 c	83,80 b	79,68 a	82,90 b	83,80 b	83,37 b
CV = 1,52%								

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Na Figura 3A, verifica-se que a massa específica aparente da matéria seca do café acondicionado em saco de juta no armazém convencional (J-AC) reduziu linearmente durante o armazenamento, variando de 593,52 a 550,29 kg m⁻³ (Tabela 4). Para os demais métodos de acondicionamentos, não foi possível estabelecer uma relação de redução ou aumento dessa variável, durante o armazenamento.

A massa específica aparente dos produtos agrícolas geralmente diminui com o aumento do teor de água. Esse comportamento pode ser observado nos grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional, que apresentou menor barreira às trocas de umidade e de gases com o ambiente, além de menor proteção contra as variações de temperatura no ambiente de armazenamento.

Observa-se que o valor da massa seca de mil grãos não diferiu significativamente entre os diferentes métodos de acondicionamentos. A variação dessa variável ao longo do armazenamento pode ser representada por uma equação de segundo grau, no entanto, não houve redução relevante ao longo do armazenamento. Em média, os métodos de acondicionamentos apresentaram valor inicial de 14,30 g e final de 14,09 g (Figura 3B e Tabela 5).

Coelho et al. (2001) observaram maiores perdas de massa para os grãos de café armazenados em sacos de aniagem, quando comparados aos armazenados em embalagens impermeáveis.

A manutenção da qualidade do café está diretamente ligada ao metabolismo dos grãos, o qual será tanto mais intenso quanto maiores forem a temperatura e a umidade relativa do ambiente, e o teor de água do produto (ALVES et al., 2003; ARÊDES et al., 2002). MUIR; WHITE (2001) descrevem a importância do processo de respiração dos grãos e da microflora como fator determinante na deterioração do produto, visto que parte da matéria seca dos grãos pode ser consumida durante o armazenamento. Portanto, métodos de

acondicionamento herméticos promovem redução da atividade respiratória aeróbica dos grãos e, conseqüentemente, menor perda de matéria seca.

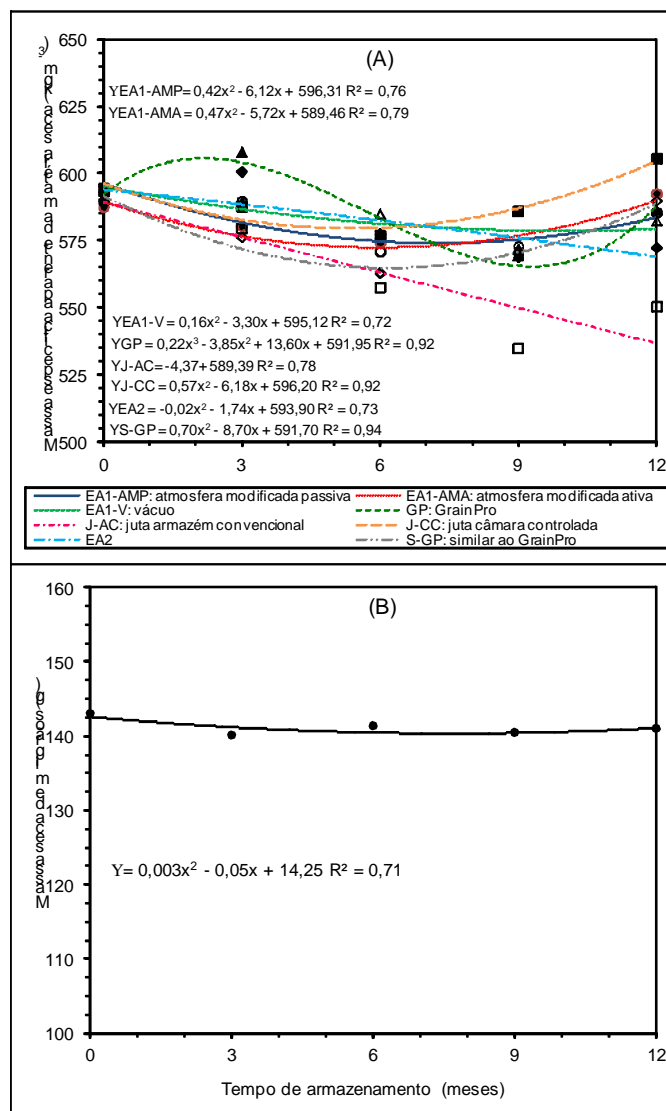


Figura 3 -. Valores médios da massa específica aparente da matéria seca (kgm^{-3}) e massa seca de mil grãos (g) dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Tabela 5 - Valores médios da massa seca de 1000 grãos (g), coordenadas (a) e (b) ao longo do armazenamento.

Tempo de armazenamento (meses)	Massa seca de 1000 grãos (g)	Coordenada (a)	Coordenada (b)
0	143,00	0,94	13,12
3	140,10	0,61	13,90
6	141,26	0,81	12,73
9	140,43	0,99	12,93
12	140,91	0,65	10,73
Média Geral	141,14	0,80	12,68
CV (%)	2,21	9,33	5,45

De modo geral, observou-se um aumento nos valores da luminosidade ao longo do armazenamento, em todos os métodos de acondicionamentos. Nota-se que os acondicionamentos J-AC e GP apresentaram os maiores valores de luminosidade ao final do armazenamento (Figura 4A).

Os resultados para as coordenadas (a) e (b) não diferiram significativamente entre os tratamentos estudados (Figura 4B e 3C, Tabela 5). Observa-se que os valores da coordenada (a) apresentaram oscilações, não sendo possível estabelecer uma relação de aumento ou diminuição dessa variável, durante o armazenamento. A coordenada (b) apresentou tendência de redução nos valores, ao longo do armazenamento.

O branqueamento é um fenômeno conhecido durante o armazenamento dos grãos de café beneficiados e explicado pelo aumento da coordenada (L). O aumento das coordenadas (a) e (b) indica perda, respectivamente, da coloração verde e azulada dos grãos (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003). A manutenção da coloração dos grãos de café durante o armazenamento é de extrema importância, sendo uma característica visual que, muitas vezes, determina a aceitação ou a rejeição do produto durante a comercialização.

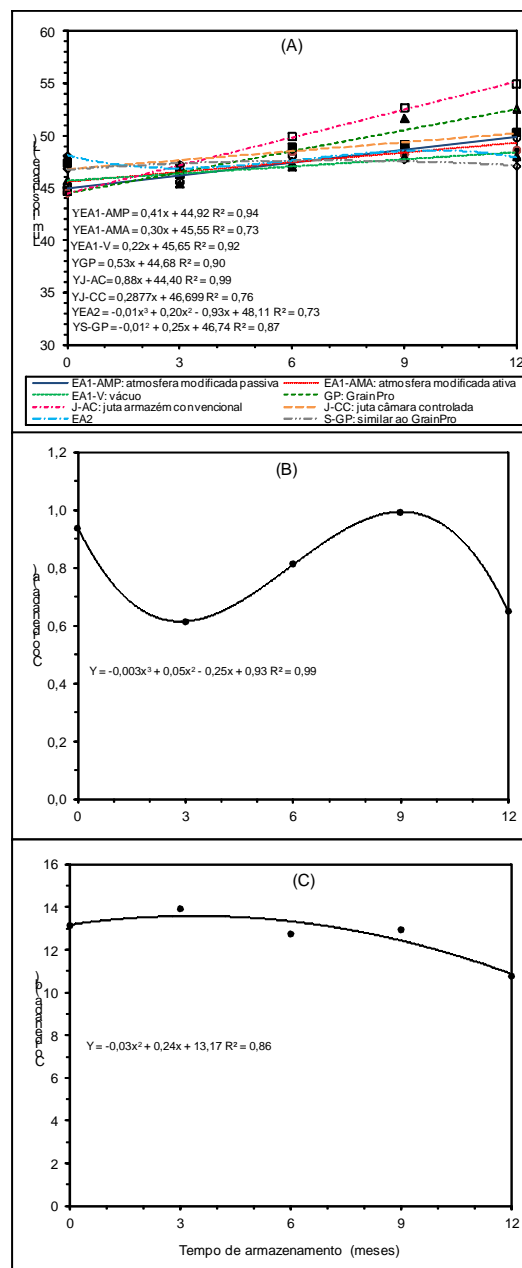


Figura 4 -. Valores médios da luminosidade (L), coordenada (a) e coordenada (b) dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Observa-se, nas Figuras 5A e 5B, aumento nos valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para todos os métodos de acondicionamentos. O aumento destes valores foi mais acentuado para os grãos acondicionados em saco de juta e armazenados no armazém convencional (J-AC), variando de (72,20 a 184,95 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e (21,91 a 54,66 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), respectivamente, após 12 meses de armazenamento (Tabela 4).

Em sementes, o aumento da condutividade elétrica é acompanhado de perda de vigor e de potencial germinativo, sendo, portanto, um método utilizado para inferir sobre processos de deterioração em grãos (VIEIRA et al., 2001). O resultado desse estudo corrobora o de outras pesquisas (RIBEIRO et al., 2011; NOBRE et al., 2007; COELHO et al., 2001), evidenciando que o armazenamento em sacos de juta na condição ambiente proporciona um processo de deterioração mais acentuado nos grãos de café. A perda da permeabilidade seletiva das membranas celulares permite que componentes químicos, antes compartimentalizados, entrem em contato com enzimas hidrolíticas e oxidativas, alterando a composição química dos grãos e, conseqüentemente, o sabor e o aroma da bebida do café (MARQUES et al., 2008).

Segundo Amorim (1978), a mudança de cor ocorre, principalmente, em razão da desestruturação das membranas celulares. Neste trabalho, verificou-se que o café acondicionado em saco de juta em armazém convencional apresentou os maiores valores de extravazamento de solutos, evidenciados pelos maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio nesse tipo de acondicionamento. Portanto, os resultados indicam que a maior perda da coloração nos grãos, ao final do período de armazenamento, ocorreu neste tratamento, comparado aos demais.

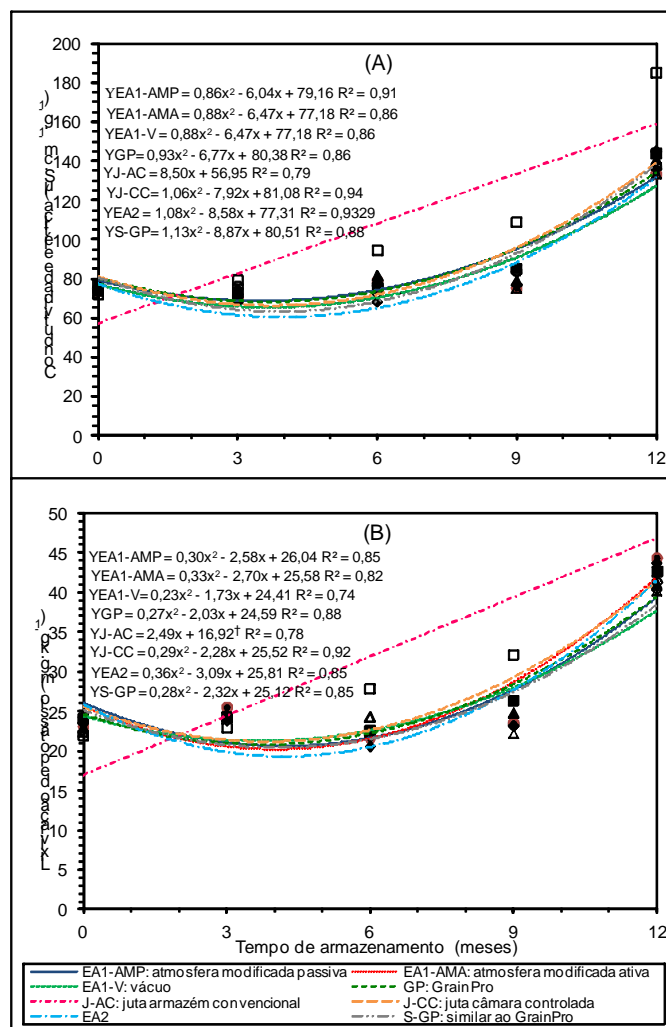


Figura 5 - Valores médios da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e lixiviação de potássio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Observa-se que, independentemente do momento da análise, no início ou 12 meses de armazenamento, os valores do ácido cítrico e quínico não apresentaram diferenças significativas em função dos métodos de acondicionamentos (Tabela 6).

Os ácidos orgânicos são compostos que apresentam o grupo carboxila em sua estrutura molecular. Segundo Galli; Barbas (2004), esses ácidos estão presentes no café, compondo até cerca de 10% da massa do grão cru e 6% da massa do grão torrado.

Os ácidos orgânicos encontrados no grão cru são o acético, o cítrico, o fórmico, o málico, o pirúvico, o clorogênico, o quínico e o succínico. Uma vez que a maioria dos ácidos orgânicos presentes no grão de café é volátil, eles contribuem para a formação de aromas e sabores na bebida do café. O conjunto de aromas e sabores relacionados com os ácidos orgânicos é de reconhecida importância na qualidade sensorial da bebida, fator este que o consumidor busca na escolha do café (GALLI; BARBAS, 2004).

Tabela 6 - Teores médios dos ácidos orgânicos (cítrico e quínico), em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, a zero e aos 12 meses de armazenamento.

Acondicionamento	Tempo de armazenamento (meses)			
	Cítrico (%)		Quínico (%)	
	0	12	0	12
EA1-AMP	0,48 aA	0,65 aA	0,82 aA	0,89 aA
EA1-AMA	0,36 aA	0,20 aA	0,68 aA	0,63 aA
EA1-V	0,44 aA	0,55 aA	0,79 aA	0,75 aA
GP	0,34 aA	0,34 aA	0,69 aA	0,60 aA
J-AC	0,70 aA	0,60 aA	0,84 aA	0,80 aA
J-CC	0,45 aA	0,41 aA	0,61 aA	0,62 aA
EA2	0,37 aA	0,45 aA	0,65 aA	0,65 aA
S-GP	0,41 aA	0,52 aA	0,39 aA	0,62 aA
CV	15,49%		13,21%	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Análise sensorial

Pela avaliação proposta pela Specialty Coffee Association of America – SCAA, a qualidade é quantificada por meio de escala, variando de zero a cem pontos. Cafés que apresentam notas nos intervalos de 85 a 89 e de 80 a 84 pontos são classificados, respectivamente, como especialidade (excelente) e

especial (muito bom). Já os cafés com notas entre 75 e 79 pontos, embora tenham boa qualidade, são classificados como cafés comuns, não especiais e cafés de qualidade média (fraco) são aqueles com notas entre 70 a 75 pontos (LINGLE, 2011).

No início do armazenamento, as notas para todos os acondicionamentos foram significativamente iguais e superiores a 85 pontos, classificando-os, segundo a SCAA, como café excelente.

Aos 6 meses de armazenamento, o acondicionamento em juta no armazém convencional (J-AC) apresentou-se com nota inferior a 80 pontos, ou seja, não se classificando na categoria de cafés especiais. Entretanto, verifica-se a formação de mais dois grupos, um formado pelos acondicionamentos EA1-AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP e EA2, que diferiram significativamente dos demais tratamentos, mantendo as maiores notas, ou seja, acima de 82 pontos. Outro grupo intermediário, com notas sensoriais inferiores a 82 pontos, formado pelos acondicionamentos J-CC e S-GP (Tabela 4).

No gráfico da Figura 6 observa-se que os cafés acondicionados em S-GP, J-AC e J-CC apresentaram redução mais acentuada das notas, ao longo do armazenamento. Entretanto, destaca-se o acondicionamento em saco de juta no armazém convencional (J-AC) que, aos 12 meses, apresentou pontuação igual a 74,08, sendo classificado como café de qualidade média (fraco) (Tabela 4).

Em resumo, observa-se que todos os cafés perderam qualidade sensorial ao longo do armazenamento, independente do método de acondicionamento. Entretanto, observa-se uma menor oscilação das notas ao longo do armazenamento nos cafés acondicionados nas embalagens aluminizadas 1 sob atmosfera modificada ativamente e a vácuo (EA1-AMA, EA1-V). Assim, pode-se inferir que métodos de acondicionamentos que promovam uma modificação imediata da concentração dos gases no interior da embalagem proporcionam uma melhor preservação da qualidade sensorial. Por outro lado, aos 12 de

armazenamento, os grãos acondicionados na embalagem aluminizada 2 (EA2) apresentaram nota sensorial próxima às determinadas nos acondicionamentos (EA1-AMA, EA1-V), porém, tal método de acondicionamento apresentou maior oscilação nas notas, durante o armazenamento.

É importante enfatizar que, do ponto de vista comercial, essas diferenças de pontuações entre os cafés são extremamente importantes. Cafés com notas globais entre 80 e 84 pontos, conforme a escala de classificação da SCAA, são classificados como especiais e podem alcançar valores de mercado de até 50% acima do café *commodity*.

O resultado obtido neste experimento está de acordo com os obtidos por vários autores que descrevem a redução da qualidade do café armazenado em saco de juta (BORÉM et al., 2013; RIBEIRO et al., 2011; RIGUEIRA et al., 2009; CORRÊA et al., 2003; ARÊDES et al., 2002).

Segundo Vilela et al. (2000), o aumento do teor de água nos grãos de café durante o armazenamento proporciona alterações negativas na composição físico-química dos grãos. Esta afirmação foi confirmada neste estudo, visto que o aumento no teor de água dos grãos acondicionados em saco de juta e armazenados em armazém convencional promoveu alterações significativas na qualidade dos mesmos, evidenciadas pela redução da massa específica aparente da matéria seca, aumento da luminosidade, aumento da condutividade elétrica e lixiviação de potássio, e redução da nota na análise sensorial.

Algumas empresas brasileiras de produção e exportação de café já vêm utilizando o acondicionamento a vácuo com sucesso, entretanto, tem elevado custo, não sendo viável para diversos produtores (BORÉM et al., 2008). O experimento desta pesquisa apresenta o uso da embalagem aluminizada com injeção de CO₂ como uma alternativa, com elevado potencial de preservação na aparência e qualidade sensorial, proporcionando uma diferenciação do produto no mercado.

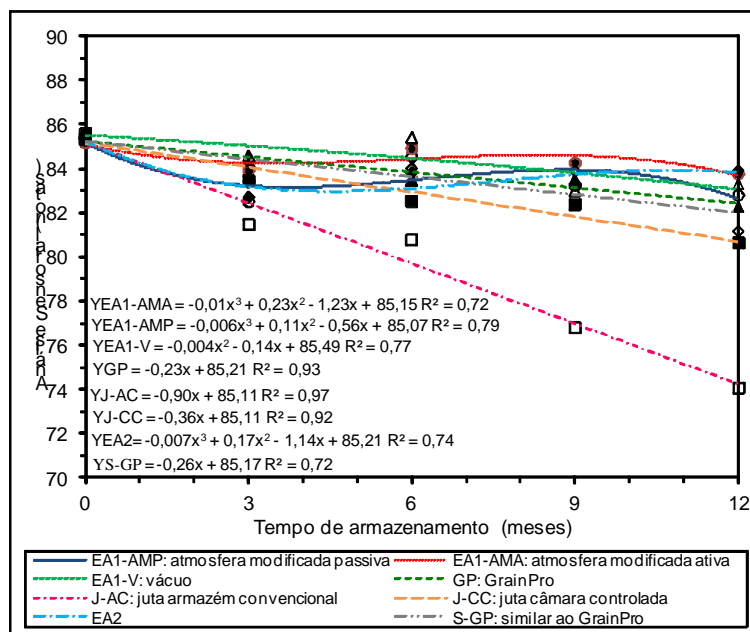


Figura 6 - Valores médios da análise sensorial (notas), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

CONCLUSÕES

- Os grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional e em câmara controlada apresentaram aumento e diminuição no teor de água, respectivamente, durante o armazenamento.
- Os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio aumentaram em todos os métodos de acondicionamentos, durante o período de armazenamento.
- Os teores de ácidos orgânicos foram mantidos nos diferentes métodos de acondicionamento, durante 12 meses de armazenamento.
- Os grãos de café perdem qualidade sensorial, independente do método de acondicionamento, durante 12 meses de armazenamento.

- Os grãos de café acondicionados na embalagem aluminizada com atmosfera modificada ativamente (injeção de 10% de CO₂) apresentaram a menor oscilação das notas na avaliação sensorial durante o período de armazenamento.
- O acondicionamento em saco de juta no armazém convencional não é recomendado para cafés especiais.

AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPEMIG, CNPq, INCT-CAFÉ e Bourbon Specialty Coffees.

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 Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, 2003.

ALVES, W. M.; FARONI, L. R.; CORREA, P. C.; PARIZZI, F. C.; PIMENTEL, M. A. Influência do processamento e do período de armazenamento na perda de matéria seca em café (*Coffea arabica* L.) beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 7, p. 122-127, 2003. Especial Café.

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

ARÊDES, E. M.; FARONI, L. R. D.A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, M. E. L. R. de; CECOM, P. R.; GONELI, A. L. D. Avaliação das perdas de matéria seca e de qualidade do café (*Coffea arabica* L.) beneficiado e armazenado em importantes municípios produtores da Zona da Mata Mineira e em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 5, p. 44-54, 2002. Especial Café.

BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 28, p. 467-484, abr. 1962.

BORÉM, F. M. Armazenamento do café. In: BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; FERNANDES, S. M.; FERNANDES, M. (Ed.). **Armazenamento do café**. Lavras: UFLA, 2008, p. 351-388.

BORÉM, F. M.; NOBRE, G. W.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, F.C.; FIGUEIREDO, L. P.; GIOMO, G. S.; FORTUNATO, V. A.; ISQUIERDO, E. P. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, 52, p. 1-6, 2013.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BORTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 4449-4445, 1994.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; VILELLA, E. R. Qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 2, p. 22-27, 2001. Volume Especial.

COFIE-AGBLOR, R., MUIR, W.E., SINICIO, R., CENKOWSKI, S., JAYAS, D.S. Characteristics of carbon dioxide sorption by stored wheat. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 31, p. 317-324, 1995.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café, safra 2011 primeira estimativa, janeiro/2011**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 04 jan. 2013.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; SAATH, R.; MARQUES, E. R. Efeito das condições de secagem e armazenamento sobre a qualidade do café natural e despulpado. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 38-47, 2007.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; SILVA, F. S.; RIBEIRO, D. M. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento em condições diversas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 7, p. 137-147, 2003. Especial Café.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GALLI, V.; BARBAS, C. Capillary eletrophoresis for the analysis of short-chain organic acids in coffee. **Journal of Chromatography**, v.1032, p. 299-304, 2004.

GINZ, M. B. H.; BRADBURY, A. M. H.; Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **European Food Research and Technology**, v. 211, p. 404-410, 2000.

HARRIS, R. L.; MILLER, A. Storing & Preserving green coffee - part 2. **Roast Magazine**, New York, p. 31-38, 2008.

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

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

LINGLE, T.R. The Coffee Cupper's Handbook: Systematic Guide to the Sensory Evaluation of Coffee's Flavor, fourth ed, Long Beach Californian, 2011, 66 p.

LOPES, L. M. V. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 25, p. 3-8, 2000. Especial 1.

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

MANAHAN, S.E. Environmental Chemistry. In: Manahan, S.E., The atmosphere and atmospheric chemistry. Boca Raton: CRC Press LLC. 2000, Chapter 9.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. D. A.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.

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. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, 2008.

MUIR, W. E.; WHITE, N. D. G. Microorganisms ind stored grain. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain preservation piosystems**. [S.l.]: Manitoba, 2001. p. 28-42.

NOBRE, G. W.; BORÉM, F. M.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2007.

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 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; SILVA, P. S. da; OLIVEIRA, E. C. Influência da secagem, em diferentes tipos de terreiro, sobre a qualidade do café ao longo do armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 48-60, 2007.

RIBEIRO, F. C.; BORÉM, F. M.; GIOMO, G. S.; LIMA, R. R.; MALTA, M. R.; FIGUEIREDO, L. P. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 47, p. 341-348, 2011.

RIGUEIRA, R. J. de A.; LACERDA, F. A. F. de; VOLK, M. B. S.; CECON, P. R. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 17, n. 4, p. 323-333, 2009.

RIVERA, J. Analysis of Organic and Mineral Acids in East African Coffees. **Internal Document**. Coffee Quality Institute, Long Beach, CA, 1999.

SANTOS, S. B. **DOS Biorefinaria de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): armazenamento, extração de óleo e produção sustentável de biodiesel com etanol**. 2011. 177p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SHUNMUGAM, G., JAYAS, D.S., WHITE, N.D.G., MUIR, W.E. Diffusion of carbon dioxide through grain bulks. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 41, p. 131-144, 2005.

VIEIRA, G.; SILVA, J. N. DA; VILELA, E. R.; SILVA, J. DE S. E. Avaliação da qualidade de café beneficiado armazenado em silo com e sem aeração e em sacos de juta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 75-90, 2001.

VILELA, E. R.; CHANDRA, P. K.; OLIVEIRA, G. A. DE 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.

ARTIGO 2

**ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO DE FIBRAS E ATRIBUTOS
SENSORIAIS DO CAFÉ ESPECIAL (*Coffea arabica* L.) ARMAZENADO
EM ACONDICIONAMENTOS HERMÉTICOS**

*Versão preliminar de artigo – Sujeito a alterações pelo corpo editorial
da revista.*

Revista: *Journal of Stored Products Research* (IF: 1,41)

AUTORES

RESUMO

O saco de juta é a principal embalagem utilizada no armazenamento dos grãos de café. No entanto, ele não oferece barreiras contra as trocas gasosas, o que praticamente inviabiliza sua utilização no armazenamento de cafés especiais por longos períodos. O armazenamento do café sob atmosfera artificial promove a preservação da qualidade por um período mais longo, mantendo a aparência e a diferenciação do produto no mercado. Diante da importância do armazenamento na cadeia produtiva, qualquer mudança no setor pode representar um grande impacto no mercado de cafés especiais. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes métodos de acondicionamento na qualidade do café por meio do teor de fibras, sacarose e atributos sensoriais, durante o armazenamento. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial (5x8), correspondendo a cinco tempos de armazenamento e oito métodos de acondicionamentos. A redução no teor de sacarose, fibra bruta, FDA e FDN estão intimamente ligadas à redução no sabor e à diminuição da nota final na análise sensorial. O acondicionamento em saco de juta não é recomendado para o armazenamento de cafés especiais.

Palavras-chave: Atmosfera artificial. Teor de fibras. Sacarose.

INTRODUÇÃO

No mercado mundial, cresce cada vez mais a demanda por cafés especiais, aproximadamente, 10% ao ano, enquanto o consumo mundial de café cresce 3% ao ano, daí a importância da qualidade para agregação de valor ao café brasileiro (ISQUIERDO, 2011). O café é um dos poucos produtos agrícolas cujo preço é baseado em parâmetros qualitativos, variando significativamente o valor com a melhoria de sua qualidade; cafés especiais podem alcançar valores de venda de até 50% acima do café *commodity*.

O conceito de café especial está intimamente ligado ao prazer que a bebida pode proporcionar por meio de algum atributo específico, processo de produção ou serviço a ele associado. A qualidade intrínseca dos grãos de café, ou seja, sua constituição química, é que determinará a qualidade diferenciada de um café especial. Segundo a Specialty Coffee Association of America (2008), para ser considerado especial, um café deve apresentar um caráter distinto na xícara e ser notavelmente bom, pois, mesmo apresentando bom aspecto físico, se, após a torra, ele não for altamente aromático e agradável ao paladar, poderá deixar de ser um café especial.

A preservação dos atributos sensoriais desejáveis depende, essencialmente, das condições de armazenagem do café (RIBEIRO et al., 2011; CORADI et al., 2008). Os principais fatores que podem promover a perda de qualidade do produto, durante esta etapa, são as oscilações de temperatura, de umidade relativa e luminosidade. Logo, o tipo de embalagem deve ser adequado para impedir tais alterações.

A maior parte do café brasileiro é armazenada no sistema convencional, ou seja, em sacos de juta, no qual o produto, normalmente, fica susceptível à perda de qualidade, por causa da variação do teor de água dos grãos e suas interações com o ar ambiente.

O armazenamento do café sob atmosfera artificial promove a preservação da qualidade por um período mais longo, mantendo a aparência e a diferenciação do produto no mercado (BORÉM et al., 2013; RIBEIRO et al., 2011; BORÉM et al., 2008). De acordo com Ribeiro et al. (2011), novos tipos de embalagens alternativamente aos sacos de juta se mostram promissoras na manutenção da coloração e na qualidade da bebida do café, como os sacos plásticos herméticos (GrainPro[®]) e os “big bags” impermeáveis a gases, com e sem adição de CO₂.

Bucheli et al. (1996) demonstraram que a determinação da glicose poderia ser um marcador químico para avaliar a qualidade dos grãos de café cru. A glicose está presente em quantidade muito pequenas em cafés de boa qualidade (VIANI, 1986) e é gerada em quantidades mais elevadas sob condições inadequadas de armazenamento, como resultado da hidrólise de sacarose (BUCHELI et al., 1996). Portanto, é extremamente importante identificar novos marcadores químicos que possam ser usados para determinar alterações na qualidade do café, durante o armazenamento.

Diante da importância do armazenamento na cadeia produtiva, qualquer mudança no setor pode representar um grande impacto no mercado de cafés especiais. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes métodos de acondicionamento na qualidade do café por meio do teor de fibras, sacarose e atributos sensoriais, durante o armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da matéria-prima

O experimento foi instalado no armazém comercial da empresa Bourbon Specialty Coffees S/A, na cidade de Poços de Caldas, MG e no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícola do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

A matéria-prima necessária para o experimento foi fornecida pela Bourbon Specialty Coffees S/A. Os grãos de café cru beneficiado (*Coffea arabica* L.) proveniente de um único lote comercial, safra 2011, foram previamente selecionados e caracterizados quanto à bebida, com nota superior a 85 pontos, de acordo com a escala da Specialty Coffee Association of América (SCCA).

Embalagens

Os grãos de café foram acondicionados em cinco tipos de embalagem: sacos de juta, sacos GrainPro[®], sacos plásticos similares ao GrainPro[®], embalagens aluminizadas 1(EA1) e embalagens aluminizadas 2(EA2). A especificação da constituição do material de cada embalagem é apresentada na Tabela 1. Essas embalagens foram escolhidas, pois empresas produtoras e exportadoras de grãos de café as têm utilizado durante o armazenamento. No entanto, estudos científicos não foram realizados para validar os efeitos de cada tipo de embalagem na manutenção da qualidade do café, ao longo do armazenamento.

Tabela 1 - Especificação das embalagens utilizadas no experimento.

Embalagem	Especificação
Saco de juta	Fabricado com fibras naturais de juta trançadas. Embalagem permeável à água e gases.
Sacos GrainPro®	Características: saco transparente, esverdeado, permeabilidade ao O ₂ (23 °C, a seco), permeabilidade ao vapor d'água (38 °C, UR 90%). Composição: camadas de polietileno, barreiras antigases e polietileno.
Sacos plásticos similares ao GrainPro®	Características: saco transparente, esverdeado, liso, primer, atóxico. Composição: 40% polietileno de baixa densidade convencional + 60% polietileno linear com deslizante + 0,3% corante verde.
Embalagem aluminizada 1	Características: embalagem prata metalizada com coloração branca no interior. Composição: poliéster metalizado (gramatura-17g/m ²) + adesivo (gramatura-2g/m ²) + filme de polietileno leitoso (gramatura-80g/m ²). Gramatura total de 100g/m ² .
Embalagem aluminizada 2	Características: embalagem prata metalizada com coloração prata no interior. Composição: poliéster transparente (12 micra) + poliéster metalizado (12 micra) + Polietileno Coex com Alta Densidade (150 micra). Total de 174 micra por parede.

Embalagem aluminizada 1 = EA1

Embalagem aluminizada 2 = EA2

Acondicionamento dos grãos

Durante o processo de acondicionamento dos grãos nas embalagens plásticas foram estabelecidas três condições com relação à concentração gasosa, sendo:

- (1) atmosfera modificada passivamente: as embalagens (saco GrainPro®, saco similar ao GrainPro®, EA1 e EA2) foram fechadas hermeticamente, formando, assim, dentro delas, uma atmosfera modificada, na ausência da adição de gases;
- (2) atmosfera modificada ativamente: aplicada na embalagem (EA1). Essa técnica foi escolhida, pois, atualmente, é utilizada no armazenamento e transporte de diversos produtos agrícolas. Em estudos recentes foi utilizada atmosfera modificada com 60% (RIBEIRO et al., 2011) e 40%

(BORÉM et al., 2008) de dióxido de carbono, durante o armazenamento dos grãos de café. Porém, não são conhecidas as condições limite adequadas para grãos de café cru;

- (3) vácuo: essa condição de atmosfera, ao ser aplicada na embalagem (EA1), reduz a pressão parcial de oxigênio (O_2), empregando-se vácuo parcial nas embalagens.

O dióxido de carbono (CO_2) foi injetado, de forma que expulsava progressivamente para o exterior o ar intergranular, até que a concentração do gás atingisse o nível desejado de $10\pm 2\%$, medido pelo equipamento Anagas-CD98 acoplado na saída da embalagem. A concentração do gás no interior das embalagens foi quantificada a cada três meses.

O vácuo foi realizado na máquina TecMaq-300 e, para atingir as condições desejadas, o potenciômetro de tempo de vácuo no equipamento foi ajustado no nível 3, obtendo-se um vácuo de -540 mmHg na embalagem, equivalente a, aproximadamente, 95% do volume total.

Implantação do experimento

As embalagens com capacidade para 8 kg, com dimensões de 50 cm de altura e 45 cm de largura, foram armazenadas em condição ambiente (armazém convencional). No entanto, o saco de juta foi acondicionado no armazém convencional e em câmara com condições controladas.

Tratamentos, delineamento e análise estatística

Na Tabela 2 é apresentado um resumo com a identificação e a caracterização dos tratamentos.

Tabela 2 - Identificação e caracterização dos tratamentos.

Tratamentos (identificação)	Embalagem	Atmosfera artificial	Condição de armazenamento
EA1-AMP	EA1	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
EA1-AMA	EA1	Atmosfera modificada ativamente	Armazém convencional
EA1-V	EA1	Vácuo	Armazém convencional
GP	Saco GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
J-AC	Saco de juta	Não	Armazém convencional
J-CC	Saco de juta	Não	Câmara controlada
EA2	EA2	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
S-GP	Saco similar ao GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional

Neste trabalho foi estudado o efeito do método de acondicionamento de grãos de café beneficiados durante o armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições em esquema fatorial 5x8, correspondendo a cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses) e oito métodos de acondicionamentos (EA1-AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP, J-AC, J-CC, EA2, S-GP). Após a análise variância as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para os métodos de acondicionamento. No estudo do efeito tempo do tempo de armazenamento foi realizado uma análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Avaliação da qualidade

Teor de sacarose

A extração da sacarose foi realizada de acordo Murkovic; Derler (2006) e, antes do processo de extração, as amostras foram colocadas em hexano para a remoção de óleos e de outras substâncias apolares. A concentração de sacarose foi determinada utilizando-se a cromatografia líquida, cromatógrafo líquido de uma bomba ProStar (Varian), detector por índice de refração RID-410 (Waters), válvula de injeção Rheodyne e sistema de aquisição de dados PC/Chrom (S&A Scientific). Foi utilizada uma coluna Microsorb 100-5 Amino de 250 mm x 4,6 mm (Varian). A fase móvel foi acetonitrila/água (80:20), em temperatura ambiente e fluxo de 1,0 mL/min. O volume de injeção foi de 20 µL.

Fibras

O teor de fibra bruta (FB), ou seja, a fração fibra total, foi determinado pelo método 920.98, segundo AOAC (2005). O método fundamenta-se em uma digestão ácida seguida de digestão em meio alcalino. Após filtrar as amostras, estas foram submetidas ao aquecimento em estufa, a 105 °C, até peso constante, e o peso da fibra total foi dado pela diferença entre o peso do papel, em g 100 g⁻¹ de amostra integral. A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas segundo o método de Van Soest (1994), descrito por Silva (1998). Os resultados foram expressos em g 100g⁻¹.

Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada por provadores treinados e qualificados como juízes certificados de cafés especiais, utilizando-se a metodologia proposta pela Associação Americana de Cafés Especiais. Nessa avaliação, foram atribuídas notas, no intervalo de 0 a 10 pontos, para cada um dos seguintes atributos: fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor,

acidez, corpo, finalização, equilíbrio e impressão global. Os resultados da avaliação sensorial foram expressos de acordo com a escala de classificação da SCAA (LINGLE, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos teores de fibra bruta (FB) e fibra em detergente ácido (FDA), não houve diferenças entre os métodos de condicionamentos estudados (Figuras 1A e 1B). Verifica-se uma redução nos valores de FB ao longo do armazenamento. Os valores de FDA apresentaram oscilações ao longo do armazenamento, não sendo possível ajuste de modelos de regressão que estabeleça uma relação de aumento ou diminuição dessa variável com o tempo de armazenamento.

Para todos os métodos de condicionamento, observa-se uma redução nos valores de fibras em detergente neutro (FDN) (Figura 1C). A diminuição desses valores foi mais acentuada nos grãos condicionados em juta na condição ambiente (J-AC), variando de 52,95% a 45,70% (Tabela 3).

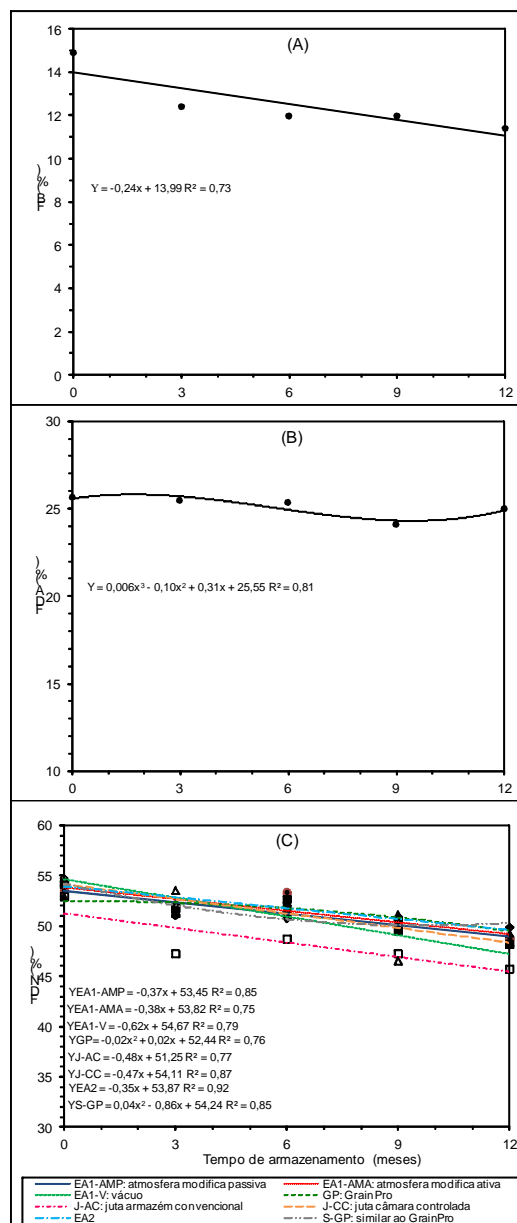


Figura 1 - Valores médios dos teores de fibra fruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) de grãos crus de café beneficiado em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Tabela 3 - Valores médios de fibra em detergente neutro (FDN) de café beneficiado, em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO (%)								
0	54,17 a	53,56 a	54,30 a	52,88 a	52,95 a	54,18 a	54,39 a	54,73 a
3	51,15 b	51,90 b	53,50 b	51,24 b	47,20 a	51,78 b	52,10 b	51,04 b
6	51,24 b	53,32 b	51,83 b	52,37 b	48,71 a	52,63 b	51,89 b	50,78 b
9	50,64 b	50,04 b	46,54 a	51,11 b	47,21 a	49,49 b	50,46 b	50,89 b
12	48,76 b	48,66 b	48,37 b	49,26 b	45,70 a	48,14 b	49,88 b	49,84 b
Média Geral	51,19 b	51,50 b	50,91 b	51,37 b	48,35 a	51,24 b	51,74 b	51,46 b
CV = 3,09%								

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Os teores de fibra em detergente neutro foram inferiores à faixa estabelecida, de 59,86% a 61,67%, por Pimenta et al. (2004), para cafés arábica submetidos a diferentes tempos à espera da secagem e superiores aos valores de 45,87% a 48%, observados por Pinto et al. (1999), para grãos de café com diferentes qualidades de bebida. Para estes autores, variação nos valores de FDN não tem relação com os padrões de bebida. O mesmo não foi observado neste estudo, visto que grãos que apresentaram o menor valor de FDN aos 12 meses de armazenamento foram também os que obtiveram a menor nota na análise sensorial.

Importante ressaltar que a fibra em detergente ácido é constituída, basicamente, de celulose, lignina, cinzas e sílica, e a fibra em detergente neutro, de celulose, hemicelulose, lignina e sílica (SILVA, 1998). A variação dos valores de FDA e FDN apresenta relação inversa com o tempo de armazenamento, provavelmente devido à celulose, lignina e hemicelulose estarem presentes na parede celular dos grãos. A desestruturação das membranas e das paredes celulares e, conseqüentemente, a perda da permeabilidade seletiva do sistema de membranas do endosperma do café provocam uma rápida deterioração dos grãos. Isso porque, uma vez rompida a membrana celular, ocorre maior contato entre as enzimas e os compostos químicos presentes intra e

extracelularmente no grão, provocando, dessa forma, reações químicas e bioquímicas que modificam a composição original do café e, em consequência, as características sensoriais da bebida (BORÉM; MARQUES; ALVES, 2008).

Ao longo do armazenamento, a redução de FB e, por consequência, a qualidade da bebida dos cafés é associada aos danos latentes em função dos processos pós-colheita (COELHO; PEREIRA, 2002; PEREIRA et al., 2000). Neste estudo, os grãos de café armazenados em juta na condição de armazém convencional (J-AC), em média, apresentaram os menores valores de FB, FDA e FDN (Tabelas 3 e 4), e, na avaliação sensorial, houve redução significativa na qualidade da bebida destes cafés (Tabela 5). Portanto, provavelmente, redução dos teores de FB, FDA e FDN interferem na qualidade da bebida dos cafés.

Tabela 4 - Valores médios de fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA) e sacarose em função dos diferentes métodos de acondicionamentos.

	Tratamentos							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
FB (%)	12,89 b	13,00 b	11,93 a	13,24 b	11,75 a	12,24 a	12,65 b	12,44 a
	CV = 9,69%							
FDA (%)	25,00 b	25,58 b	24,53 a	25,20 b	23,91 a	24,95 b	25,90 b	25,56 b
	CV = 6,11%							
SACAROSE (% m.s.)	6,13 b	6,18 b	5,73 a	6,56 b	5,81 a	5,18 a	6,87 b	5,87 a
	CV = 19,10%							

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Observa-se que a sacarose não variou significativamente entre os diferentes métodos de acondicionamentos ao longo do armazenamento. Independente do método de acondicionamento, o teor de sacarose dos grãos decresce, ao longo do armazenamento (Figura 2). Pelos dados da Tabela 4 verifica-se que os cafés acondicionados (EA1-V, J-AC, J-CC, S-GP) apresentaram valores de sacarose significativamente menores, em média, quando comparados aos demais métodos de acondicionamento.

O resultado está de acordo com o do estudo realizado Bucheli et al. (1998), que obtiveram redução significativa na sacarose durante o armazenamento de grãos verde de café robusta sob condições tropicais, argumentando que, durante o armazenamento, a sacarose é hidrolisada para formação de glicose e frutose. Selmar et al. (2008), estudando o efeito do processamento dos grãos de café armazenados com pergaminho em caixas herméticas, observaram reduções nos teores de glicose, frutose e no conteúdo do aminoácido glutamina.

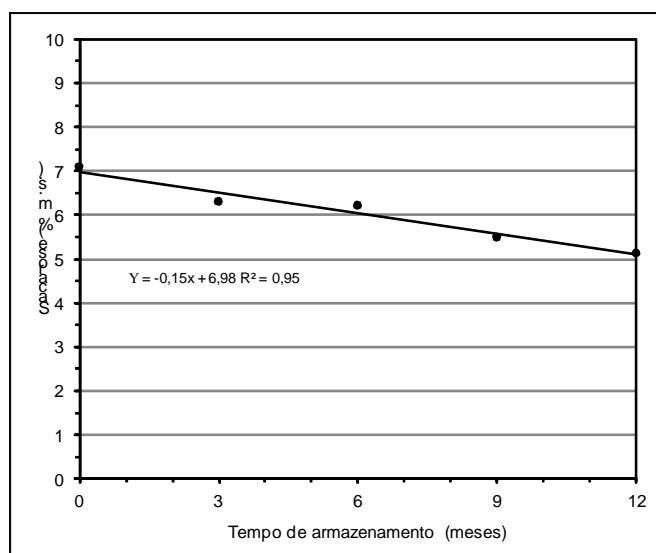


Figura 2 - Valores médios do teor de sacarose (% m.s.) de grãos cru de café beneficiado em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Observam-se, na Figura 3A, de maneira geral, pequenas oscilações nos valores do atributo fragrância ao longo do armazenamento, para todos os métodos de acondicionamentos. Entretanto, destaca-se o acondicionamento em saco de juta no armazém convencional que a partir do sexto mês se diferenciou significativamente dos demais métodos, apresentando redução nos valores, em

média, de 7,91 para 7,08 pontos (Tabela 5). No atributo sabor, verifica-se que os grãos acondicionados em J-AC apresentaram redução linear ao longo do armazenamento (Figura 3B).

A acidez permaneceu se praticamente estável ao longo do armazenamento, com exceção do acondicionamento em saco de juta no armazém convencional, apresentando redução linear ao longo do armazenamento (Figura 3C). Os atributos corpo e equilíbrio não diferiram significativamente entre os métodos de acondicionamento e apresentaram ligeira tendência de redução ao longo do armazenamento (Figuras 4A e 4B).

Em resumo, nota-se que o café acondicionado em saco de juta e armazenado no armazém convencional apresentou os menores valores de fragrância, sabor, acidez, corpo e equilíbrio, em média, diferenciando-se significativamente dos demais métodos de acondicionamento (Tabelas 5 e 6). Portanto, indicando pior qualidade sensorial desses cafés, segundo o protocolo da metodologia Associação Americana de Cafés Especiais. Esse fenômeno pode estar relacionado com possíveis alterações nas estruturas das paredes celulares dos grãos de café. Os menores valores do atributo corpo nesses cafés podem ter ocorrido devido à redução de sólidos dissolvidos na bebida, causada por alterações nos constituintes das células, indicando perda de qualidade do produto (LINGLE, 2011).

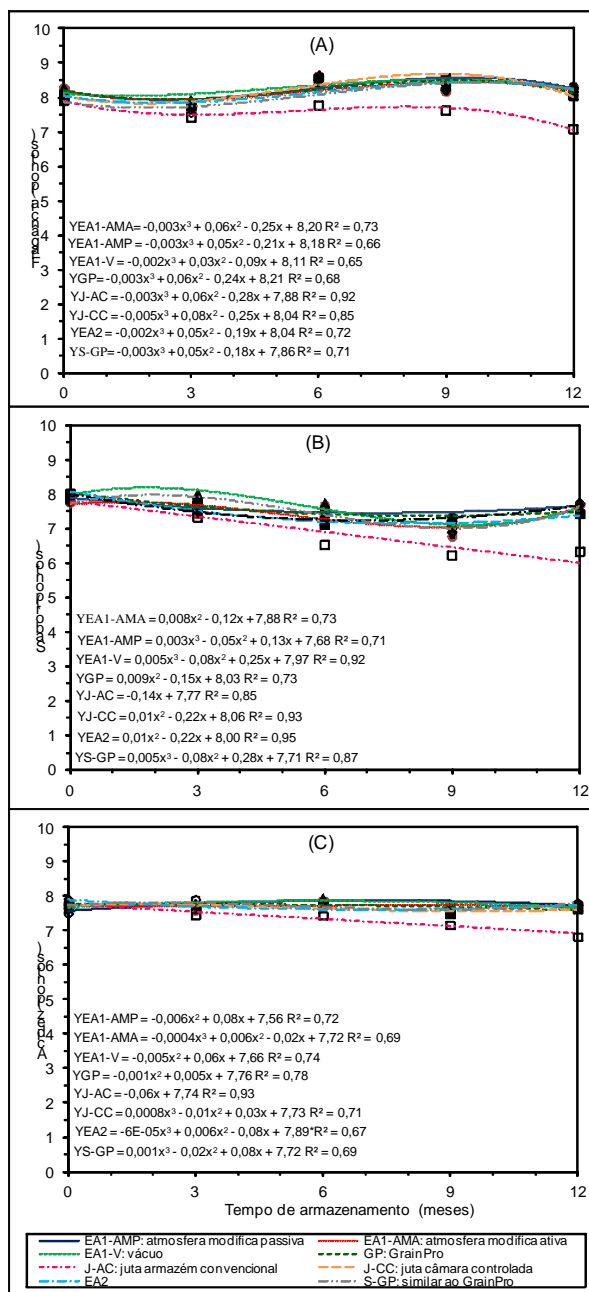


Figura 3 - Valores médios dos atributos fragrância, sabor e acidez de grãos crus de café beneficiado, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

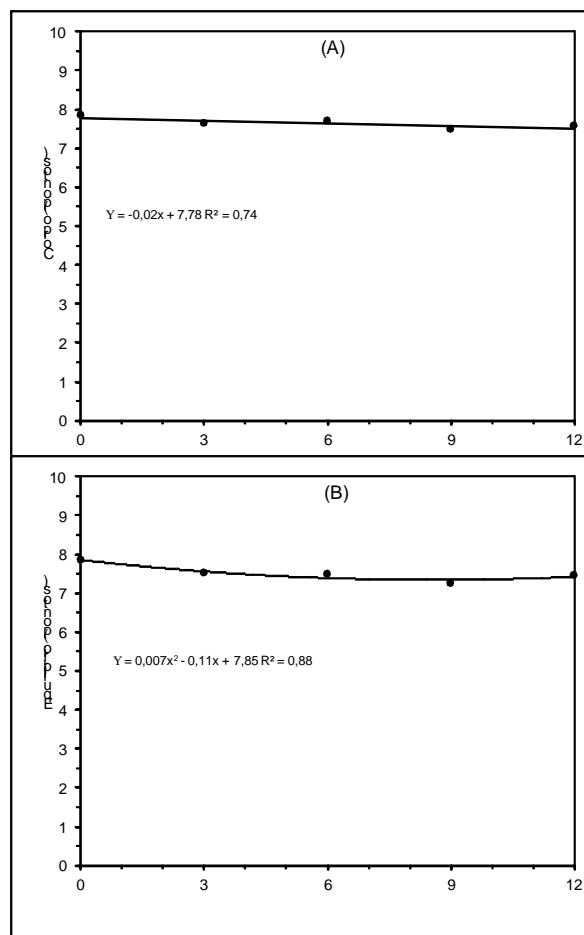


Figura 4- Valores médios dos atributos corpo e equilíbrio de grãos cru de café beneficiado em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Tabela 5 - Valores médios dos atributos sensoriais (fragrância, sabor e acidez) e nota final da análise sensorial do café beneficiado, em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Tempo de armazenamento (meses)	FRAGRÂNCIA (NOTA)							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
0	8,25 a	8,25 a	8,16 a	8,25 a	7,91 a	8,08 a	8,08 a	7,91 a
3	7,75 a	7,66 a	7,91 a	7,79 a	7,41 a	7,75 a	7,70 a	7,54 a
6	8,55 b	8,61 b	8,63 b	8,47 b	7,77 a	8,55 b	8,38 b	8,36 b
9	8,38 b	8,16 b	8,33 b	8,33 b	7,61 a	8,55 b	8,27 b	8,22 b
12	8,30 b	8,25 b	8,27 b	8,16 b	7,08 a	8,05 b	8,27 b	8,27 b
Média	8,24 b	8,18 b	8,26 b	8,20 b	7,55 a	8,19 b	8,14 b	8,06 b
CV = 2,66 %								
SABOR (NOTA)								
0	7,83 a	7,75 a	8,0 a	7,91 a	8,00a	8,00 a	8,00 a	7,75 a
3	7,70 b	7,41 a	8,0 b	7,95b	7,33 a	7,66 b	7,45 a	7,79 b
6	7,50 c	7,66 c	7,72 c	7,22 b	6,52 a	7,11 b	7,33 b	7,58 c
9	7,33 b	6,77 b	7,00 b	7,33 b	6,22 a	7,13 b	7,22 b	6,88 b
12	7,72 b	7,66 b	7,61 b	7,55 b	6,33 a	7,41 b	7,69 b	7,66 b
Média	7,61 b	7,45 b	7,66 b	7,60 b	6,88 a	7,46 b	7,53 b	7,53 b
CV = 3,73%								
ACIDEZ (NOTA)								
0	7,5 a	7,75 a	7,66 a	7,75 a	7,73 a	7,75 a	7,91 a	7,75 a
3	7,91 a	7,58 a	7,79 a	7,79 a	7,45 a	7,66 a	7,62 a	7,7 a
6	7,83 a	7,88 a	7,94 a	7,77 a	7,44 a	7,75 a	7,72 a	7,83 a
9	7,77 b	7,61 b	7,72 b	7,61 b	7,16 a	7,47 b	7,55 b	7,5 b
12	7,77 b	7,69 b	7,69 b	7,61 b	6,83 a	7,63 b	7,75 b	7,83 b
Média	7,75 b	7,70 b	7,76 b	7,70 b	7,32 a	7,65 b	7,71 b	7,72 b
CV = 2,69%								
ANÁLISE SENSORIAL (NOTA FINAL)								
0	85,16 a	85,33 a	85,58 a	85,41 a	85,33 a	85,58 a	85,33 a	85,41 a
3	83,91 a	82,50 a	84,54 a	84,33 a	81,45 a	83,45 a	82,70 a	83,41 a
6	84,91 b	84,54 b	85,41 b	83,47 b	80,75 a	82,52 a	83,80 b	84,00 b
9	84,25 b	83,22 b	83,00 b	83,50 b	76,77 a	82,37 b	83,25 b	83,87 b
12	83,75 c	82,79 c	83,29 c	82,27 c	74,08 a	80,61 b	83,91 c	81,16 b
Média	84,40 c	83,68 b	84,36 c	83,80 b	79,68 a	82,90 b	83,80 b	83,37 b
CV = 1,52%								

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 6 - Valores médios dos atributos sensoriais (corpo e equilíbrio) em função dos diferentes métodos de acondicionamentos.

	Tratamentos							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
CORPO	7,72 b	7,65 b	7,75 b	7,72 b	7,42 a	7,61 b	7,64 b	7,65 b
CV = 2,80%								
EQUILÍBRIO	7,66 b	7,57 b	7,64 b	7,57 b	7,02 a	7,50 b	7,56 b	7,56 b
CV = 3,04%								

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Segundo Figueiredo (2010), na avaliação de cafés especiais, 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 as nuances específicas de fragrância e sabor encontradas em uma determinada amostra.

Neste estudo, considerando os atributos sensoriais da bebida, acredita-se que a redução nos valores da FB, FDA e FDN no café acondicionado em saco de juta no armazém convencional contribuiu negativamente para a formação do sabor, sendo expresso como “madeira, palha, café velho”. Os degustadores relataram alterações no sabor dos grãos de café armazenados em sacos de juta, a partir do terceiro mês de armazenamento, descrevendo sabores predominantes de papel, palha e sacaria.

Pela avaliação proposta pela Specialty Coffee Association of America (SCAA), a qualidade é quantificada por meio de escala, variando de zero a cem pontos. Cafés que apresentam notas nos intervalos de 85 a 89 e de 80 a 84 pontos são classificados, respectivamente, como especialidade (excelente) e especial (muito bom). Já aqueles com notas entre 75 e 79 pontos, embora tenham boa qualidade, são classificados como cafés comuns, não especiais, e como cafés de qualidade média (fraco) quando as notas situam-se entre 70 a 75 pontos (LINGLE, 2011).

No início do armazenamento, o valor das notas finais para todos os acondicionamentos foram estatisticamente iguais e superiores a 85 pontos, classificado, segundo a SCAA, como café excelente (Tabela 5).

Aos 12 meses de armazenamento, apenas o acondicionamento em juta no armazém convencional (J-AC) apresentou nota inferior a 80 pontos, ou seja, não se classificando na categoria de cafés especiais. Entretanto, verifica-se a formação de mais dois grupos, um formado pelos acondicionamentos EA1-

AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP e EA2, que diferiram significativamente dos demais tratamentos, mantendo as maiores notas, ou seja, acima de 82 pontos. Outro grupo intermediário, apresentando notas sensoriais inferiores a 82 pontos, foi formado pelos acondicionamentos J-CC e S-GP (Tabela 5).

No gráfico da Figura 5 observa-se que os cafés acondicionados em S-GP, J-AC e J-CC apresentaram redução mais acentuada das notas, ao longo do armazenamento. Entretanto, destaca-se o acondicionamento em saco de juta no armazém convencional (J-AC) que, aos 12 meses, apresentou pontuação igual a 74,08, sendo classificado como café de qualidade média (fraco) (Tabela 5).

Em resumo, observa-se que todos os cafés perderam qualidade sensorial ao longo do armazenamento, independente do método de acondicionamento. Entretanto, constatou-se menor oscilação das notas ao longo do armazenamento nos cafés acondicionados nas embalagens aluminizadas 1, sob atmosfera modificada ativamente e a vácuo (EA1-AMA, EA1-V). Assim, pode-se inferir que métodos de acondicionamentos que promovam uma modificação imediata da concentração dos gases no interior da embalagem proporcionam melhor preservação da qualidade sensorial. De acordo com Mabbett (1990), os grãos cru de café podem ser armazenados sob condições controladas por até três anos. No entanto, a cor e o sabor alteram-se lentamente, mesmo sob as melhores condições de armazenamento

É importante enfatizar que, do ponto de vista comercial, essas diferenças de pontuações entre os cafés são extremamente importantes. Cafés com notas globais entre 80 e 84 pontos, conforme a escala de classificação da SCAA, são classificados como especiais, podendo alcançar valores de mercado até 50% acima do café *commodity*.

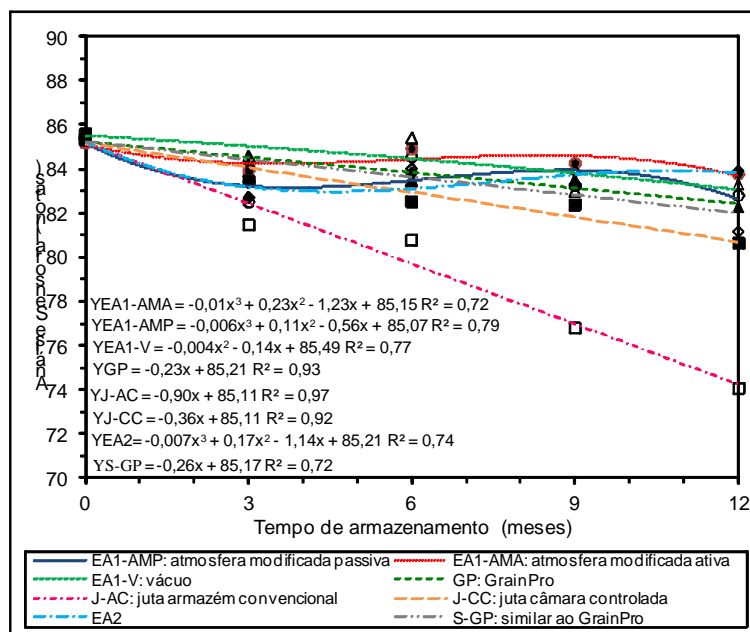


Figura 5 - Valores médios da análise sensorial (notas finais), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Recomendações de armazenamento dos grãos de café no tradicional saco de juta podem ser aplicadas para a produção de café *commodity*. Quando o objetivo é armazenar cafés especiais, o uso de tecnologias de armazenamento que promovam uma alteração na atmosfera natural é o recomendado.

Algumas empresas brasileiras de produção e exportação de café já vêm utilizando o acondicionamento a vácuo com sucesso, entretanto, ele tem elevado custo, não sendo viável para diversos produtores (BORÉM et al., 2008). A presente pesquisa apresenta o uso da embalagem aluminizada com injeção de CO₂ como uma alternativa, com elevado potencial de preservação dos componentes químicos e qualidade sensorial, proporcionando uma diferenciação do produto no mercado.

CONCLUSÕES

A redução no teor de sacarose, fibra bruta, FDA e FDN de grãos cru de café estão intimamente ligadas à redução no sabor e à diminuição da nota final na análise sensorial.

O acondicionamento em saco de juta não é recomendado para o armazenamento de cafés especiais.

As embalagens aluminizadas com atmosfera modificada ativamente com injeção de CO₂ e vácuo proporcionaram menor oscilação na qualidade do café ao longo do armazenamento.

AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPEMIG, CNPq, INCT-CAFÉ e Bourbon Specialty Coffees

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of international**. Gaithersburg, 2005. 18th ed., MD, USA, v. 1.

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

BORÉM, F. M.; NOBRE, G. W.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, F. C.; FIGUEIREDO, L. P.; GIOMO, G. S.; FORTUNATO, V. A.; ISQUIERDO, E. P. Evaluation of the sensory and color

quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 52, p. 1-6, 2013.

BUCHELI, P.; MEYER, I.; PASQUIER, M.; LOCHER, R. Determination of soluble sugars by high performance anion exchange chromatography (HPAE) and pulsed electrochemical detection (PED) in coffee beans upon accelerated storage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 1996. **Special Issue 10th FESPP Congress, Florence, Italy, Sept 9-13**: p. L-12 p.325.

BUCHELI, P.; MEYER, I.; PITTET, A.; VUATAZ, G.; VIANI, R. Industrial storage of green robusta coffee under tropical conditions and its impact on raw material quality and ochratoxin content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4507-4511, 1998.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 375-384, 2002.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, L. P. Perfil sensorial e químico de genótipos de cafeeiro Bourbon de diferentes origens geográficas. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ISQUIERDO, E. P. Cinética de secagem de café natural e suas relações com a qualidade para diferentes temperaturas e umidades relativas do ar. 2011. 157 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

LINGLE, T.R. *The Coffee Cupper's Handbook: Systematic Guide to the Sensory Evaluation of Coffee's Flavor*, fourth ed, Long Beach Californian, 2011, 66 p.

MABBETT, T. Rules for origin storage. **Coffee Cocoa International**, v. 29, n. 5, 1990.

MURKOVIC, M.; DERLER, K. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. **Journal of Biochemical and Biophysical Methods**, v. 69, p. 25-32, 2006.

PEREIRA, R. G. F. A.; VILLELA, T. C.; LOPES, L. M. V. Avaliação da composição química de cafés arábica e conillon, produzidos em Rondônia-RO e submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 11., 2000, Poços de Caldas. **Simpósio...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2000. p. 638 -640.

PIMENTA, C. J.; VILELA, V. R.; CARVALHO JUNIOR C. de Componentes de parede celular de grãos de frutos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tempos à espera da secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 26, n. 2, p. 203-209, 2004.

PINTO, N. A. A. V. D.; SANTANA, M. S.; ALVES, R. L.; PARISI, B. C.; CARVALHO, V.D. de. Caracterização da fração fibra no café e sua relação com padrões de bebida provenientes de duas cooperativas de sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca. **Resumos...** Rio de Janeiro: MAA; Procafé, 1999. p. 130-131.

RIBEIRO, F. C.; BORÉM, F. M.; GIOMO, G. S.; LIMA, R. R.; MALTA, M. R.; FIGUEIREDO, L. P. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 47, p. 341-348, 2011.

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, n. 1, p. 31-38, 2008.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 166 p.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA cupping protocols**. New York, 2008. Disponível em: <<http://coffeetraveler.net/wp-content/files/901->

SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2012.

VIANI, R. Coffee. **In Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**, 5th revised edn, VCH Verlagsgesellschaft: Weinheim, Germany, 1986; Vol. A7, p. 315-339.

ARTIGO 3

**ANÁLISE SENSORIAL E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE CAFÉS
ESPECIAIS ARMAZENADOS EM ATMOSFERA ARTIFICIAL**
*Versão preliminar de artigo – Sujeito a alterações pelo corpo editorial
da revista.*

Revista: *European Food Research and Technology* (IF: 1,58)

AUTORES

RESUMO

Diante da importância do armazenamento na cadeia produtiva, bem como o reflexo dessa etapa pós-colheita na qualidade dos produtos agrícolas e da necessidade de novas tecnologias que atendam às necessidades do mercado de cafés especiais, realizou-se o presente trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes métodos de acondicionamento na qualidade do café, por meio de alterações no perfil de ácidos graxos livres, acidez graxa e características sensoriais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em esquema fatorial (5x8), correspondendo a cinco tempos de armazenamento e oito métodos de acondicionamentos. O café armazenado em saco de juta em câmara controlada apresentou os menores teores médios de ácidos graxos livres ao final do período de armazenamento. O atributo químico acidez graxa possibilitou a discriminação dos cafés acondicionados em saco de juta, após 12 meses de armazenamento. O acondicionamento em saco de juta não é recomendado para o armazenamento de cafés especiais.

Palavras-chave: Perfil de ácidos graxos. Análise sensorial. Componentes principais.

INTRODUÇÃO

A armazenagem dos produtos agrícolas é uma excelente alternativa para atender à logística de produção e comercialização de produtos agrícolas (CHAVES et al., 2012), uma vez que a maioria das culturas não produz durante todo o ano, sendo necessário um método que garanta a oferta do produto no período de entressafra. Segundo Borém et al. (2008), a prática do armazenamento é obrigatória na cadeia produtiva e todo café preparado para o consumo requer esta etapa, nas fases da pós-colheita, principalmente os cafés especiais, por apresentarem um consumo crescente nos últimos anos.

A manutenção da qualidade do café dependerá das condições de armazenagem (CORADI et al., 2008) e os principais fatores que podem promover a perda de qualidade do produto durante esta etapa são as oscilações de temperatura, de umidade relativa e luminosidade. Logo, o tipo de embalagem deve ser adequado para impedir tais alterações. De acordo com Oliveira; Oliveria (2004), além de acondicionar o produto, uma das funções da embalagem é preservar ao máximo a qualidade do produto, criando condições que minimizem alterações químicas, bioquímicas e microbiológicas.

Como o café é um produto agrícola cujo preço está diretamente vinculado à sua qualidade (RIBEIRO et al., 2011), tornando-se necessário utilizar um tipo de embalagem que preserve as suas propriedades químicas e organolépticas, fatores limitantes para a valorização do café (SAATH et al., 2012). O saco de juta é a principal embalagem utilizada no armazenamento dos grãos de café, no entanto, não oferece barreiras contra as trocas gasosas, o que praticamente o inviabiliza no armazenamento de cafés especiais por longos períodos.

Estudos recentes, como o de Ribeiro et al. (2011), revelam que novos tipos de embalagens, alternativamente aos sacos de juta, se mostram promissoras

na manutenção da cor e da qualidade da bebida do café, como os sacos plásticos herméticos (GrainPro[®]) e os “big bags” impermeáveis a gases, com e sem adição de CO₂.

A deterioração de grãos e sementes do café pode ser indicada por alterações químicas ocorridas na fração lipídica (MARQUES et al., 2008; CORADI et al., 2007), sendo a liberação de ácidos graxos decorrentes da hidrólise dos triacilgliceróis uma das primeiras reações que ocorrem sob condições adversas de manejo pós-colheita (MARQUES et al., 2008). Essa reação é proveniente de danos que comprometem a estabilidade da membrana e a integridade das paredes celulares, eventos que são atribuídos a cafés de pior qualidade (CORADI et al., 2008; NIKOLOVA-DAMYANOVA et al., 1998), uma vez que esses ácidos graxos de cadeias insaturadas podem ser facilmente oxidados a hidroperóxidos e, posteriormente, se transformarem em vários compostos de baixo peso molecular, conferindo ao produto aromas e sabores desagradáveis (GUTKOSKI; EL-DASH, 1999).

Diante da importância do armazenamento na cadeia produtiva, bem como o reflexo dessa etapa pós-colheita na qualidade dos produtos agrícolas e da necessidade de novas tecnologias que atendam às necessidades do mercado de cafés especiais, realizou-se o presente trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes métodos de acondicionamento na qualidade do café por meio de alterações no perfil de ácidos graxos livres, acidez graxa e características sensoriais.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da matéria-prima

O experimento foi instalado no armazém comercial da empresa Bourbon Specialty Coffees S/A, na cidade de Poços de Caldas, MG e no Laboratório de

Processamento de Produtos Agrícola do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

A matéria-prima necessária para o experimento foi fornecida pela Bourbon Specialty Coffees S/A. Os grãos de café (*Coffea arabica* L.), provenientes de um único lote comercial, safra 2011, foram previamente selecionados e caracterizados quanto à bebida, com nota superior a 85 pontos, de acordo com a escala da Specialty Coffee Association of América (SCCA).

Embalagens

Os grãos de café foram acondicionados em cinco tipos de embalagem: sacos de juta, sacos GrainPro[®], sacos plásticos similares ao GrainPro[®], embalagens aluminizadas 1(EA1) e embalagens aluminizadas 2(EA2). A especificação da constituição do material de cada embalagem é apresentada na Tabela 1. Essas embalagens foram escolhidas, pois, empresas produtoras e exportadoras de grãos de café vêm utilizando-as durante o armazenamento. No entanto, estudos científicos não foram realizados para validar os efeitos de cada tipo de embalagem na manutenção da qualidade do café ao longo do armazenamento.

Tabela 1 - Especificação das embalagens usadas no experimento.

Embalagem	Especificação
Saco de juta	Fabricado com fibras naturais de juta trançadas. Embalagem permeável à água e gases.
Sacos GrainPro®	Características: saco transparente, esverdeado, permeabilidade ao O ₂ (23 °C, a seco), permeabilidade ao vapor d'água (38 °C, UR 90%). Composição: camadas de polietileno, barreiras antigases e polietileno.
Sacos plásticos similares ao GrainPro®	Características: saco transparente, esverdeado, liso, primer, atóxico. Composição: 40% polietileno de baixa densidade convencional + 60% polietileno linear com deslizante + 0,3% corante verde.
Embalagem aluminizada 1	Características: embalagem prata metalizada com coloração branca no interior. Composição: poliéster metalizado (gramatura-17g/m ²) + adesivo (gramatura-2g/m ²) + filme de polietileno leitoso (gramatura-80g/m ²). Gramatura total de 100 g/m ² .
Embalagem aluminizada 2	Características: embalagem prata metalizada com coloração prata no interior. Composição: poliéster transparente (12 micra) + poliéster metalizado (12 micra) + Polietileno Coex com Alta Densidade (150 micra). Total de 174 micra por parede.

Embalagem aluminizada 1 = EA1

Embalagem aluminizada 2 = EA2

Acondicionamento dos grãos

Durante o processo de acondicionamento dos grãos nas embalagens plásticas, foram estabelecidas três condições com relação à concentração gasosa, sendo:

- (1) atmosfera modificada passivamente: as embalagens (saco GrainPro®, saco similar ao GrainPro®, EA1 e EA2) foram fechadas hermeticamente, formando, assim, dentro destas embalagens, uma atmosfera modificada, na ausência da adição de gases;
- (2) atmosfera modificada ativamente: aplicada na embalagem (EA1). Essa técnica foi escolhida, pois, atualmente, é utilizada no armazenamento e transporte de diversos produtos agrícolas. Em estudos recentes foi utilizada atmosfera modificada com 60% (Ribeiro et al., 2011) e 40% (Borém et al., 2008) de dióxido de carbono durante o armazenamento

dos grãos de café. Porém, não são conhecidas as condições limite adequadas para grãos de café cru;

- (3) vácuo: essa condição de atmosfera será aplicada na embalagem EA1, a pressão parcial de oxigênio (O_2) será reduzida empregando-se vácuo parcial nas embalagens.

O dióxido de carbono (CO_2) foi injetado de forma que expulsava progressivamente para o exterior o ar intergranular, até que a concentração do gás atingisse o nível desejado de $10\pm 2\%$, medido pelo equipamento Anagas-CD98 acoplado na saída da embalagem. A concentração do gás no interior das embalagens foi quantificada a cada três meses.

O vácuo foi realizado na máquina TecMaq-300 e, para atingir as condições desejadas, o potenciômetro de tempo de vácuo no equipamento foi ajustado no nível 3, obtendo-se um vácuo de -540 mmHg na embalagem, equivalente a, aproximadamente, 95% do volume total.

Implantação do experimento

As embalagens com capacidade para 8 kg, com dimensões de 50 cm de altura e 45 cm de largura, foram armazenadas em condição ambiente (armazém convencional). No entanto, o saco de juta foi acondicionado no armazém convencional e em câmara com condições controladas.

As amostragens para avaliação da qualidade foram realizadas em intervalos de três meses, sendo a primeira no início do armazenamento, num período de 12 meses. A quantidade amostrada para a realização de todas as análises foi em torno de 500 g para cada embalagem.

Tratamentos, delineamento e análise estatística

Na Tabela 2 é apresentado um resumo com a identificação e a caracterização dos tratamentos.

Tabela 2 - Identificação e caracterização dos tratamentos.

Tratamentos (identificação)	Embalagem	Atmosfera artificial	Condição de armazenamento
EA1-AMP	EA1	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
EA1-AMA	EA1	Atmosfera modificada ativamente	Armazém convencional
EA1-V	EA1	Vácuo	Armazém convencional
GP	Saco GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
J-AC	Saco de juta	Não	Armazém convencional
J-CC	Saco de juta	Não	Câmara controlada
EA2	EA2	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
S-GP	Saco similar ao GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional

Neste trabalho foi estudado o efeito do método de acondicionamento de grãos de café beneficiados durante o armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições em esquema fatorial 5x8, correspondendo a cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses) e oito métodos de acondicionamentos (EA1-AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP, J-AC, J-CC, EA2, S-GP). Após a análise variância as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para os métodos de acondicionamento. No estudo do efeito tempo do tempo de armazenamento foi realizado uma análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Para o estudo das correlações dos métodos de acondicionamentos com o tempo de armazenamento, foi realizada a análise multivariada de componentes principais (PCA).

Caracterização da Qualidade

A qualidade dos grãos de café foi avaliada por meio de análises químicas e sensorial. As análises foram realizadas no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia da UFLA, Laboratório de Cromatografia do Departamento de Química da UFMG e no Laboratório de Qualidade do Café da Epamig de Lavras.

A avaliação das variáveis químicas e sensorial foi realizada nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, com exceção da avaliação do perfil dos ácidos graxos livres, que foi analisado no início (tempo zero) e no final do período de armazenamento (12 meses).

Teor de água

O teor de água dos grãos crus de café foi determinado pelo método de estufa, a $105\pm 1^\circ\text{C}$, por 16 horas, conforme o método padrão da ISO 6673 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1999).

Acidez graxa

A acidez graxa foi determinada por titulação, de acordo com o método descrito pela American Association of Cereal Chemists (1995). O resultado do teor da acidez graxa foi expresso em mL de KOH^{-1} 100g de MS, calculado utilizando-se as equações:

$$\text{MS} = [(1 - U) \times 40\text{g}]$$

$$\text{AG} = [(V \times 100) / \text{MS}]$$

em que

MS - massa da amostra seca (g);

U - teor de água em base úmida (%)

AG - acidez graxa (mL de KOH/100 g de MS).

V - volume gasto de KOH na titulação (extrato + indicador), em mL;

Perfil de ácidos graxos livres

Extração dos ácidos graxos livres

Em tubos de microcentrífuga contendo 250 mg de café moído foi adicionado 1,0 mL de hexano, em cada um, para a remoção de óleos e outras substâncias apolares. Os tubos foram, então, colocados em um banho ultrassônico por 10 minutos e centrifugadas, a 5.500 rpm. por 5 minutos. O sobrenadante foi descartado. As amostras de cafés desengorduradas foram, então, suspensas em 1,0 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio 0,1 N e submetidas a banho ultrassônico, por mais 10 minutos. Após centrifugação, a 5.500 rpm, por 5 minutos, uma alíquota de 500 µl do sobrenadante foi transferida para outro tubo de microcentrífuga. Adicionaram-se, então, 50 µl de ácido clorídrico concentrado, uma ponta de espátula de NaCl e 800 µl de acetato de etila. Após agitação em vórtex, por 10 segundos, repouso por 5 minutos e centrifugação por 3 minutos, uma alíquota de 400 µl da camada orgânica foi retirada, colocada em tubos de microcentrífuga e seca por evaporação, obtendo-se, assim, os ácidos graxos livres.

Metilação dos ácidos graxos

Os ácidos graxos livres foram metilados com 100 µl BF_3 /metanol (14%). O tubo foi, então, aquecido, durante 10 minutos, em banho de água a 80 °C.

Após resfriamento, adicionaram-se 100 µl de pentadecanoato de metila (C15:0) a 1,05 mg/ml, usado como padrão interno (CHRISTIE, 1989) e, em seguida, analisado por cromatografia gasosa.

Cromatografia gasosa

As análises foram realizadas em um cromatógrafo a gás HP5890 equipado com detector por ionização de chamas. Utilizou-se uma coluna HP-INNoWax (HP) 15 m X 0,25 mm, com gradiente de temperatura 150 °C a 220 °C, com taxa de aquecimento de 7 °C/min; injetor (split de 1/50) a 250 °C e detector a 250 °C, hidrogênio como gás de arraste (2 ml/min) e volume de injeção de 1 µl. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados SUPELCO37.

A análise de caracterização do perfil de ácidos graxos foi realizada utilizando-se cromatografia gasosa e metodologia AOCS. O cromatógrafo a gás proporciona cromatografia de alta resolução (CGAR), usando coluna capilar de SP-2380 (30 m), de acordo com a metodologia usada por Christie (1989).

Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada por juízes certificados pela SCAA, baseando-se no protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), de acordo com a metodologia proposta por Lingle (2011), para avaliação sensorial de cafés especiais, com atribuição de notas para fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, doçura, uniformidade, xícara limpa, balanço e impressão global.

O processo de torração das amostras foi realizado com 100 g de grãos, monitorando-se a temperatura e o tempo de torra, não inferior a 8 minutos ou superior a 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência

mínima de 12 horas à degustação. O resultado final da avaliação sensorial foi obtido de acordo com a escala de pontuação da SCAA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, de modo geral, um aumento nos valores da acidez graxa, ao longo do armazenamento, em todos os métodos de acondicionamento. Entretanto, destaca-se o acondicionamento em saco de juta armazenado na condição ambiente (J-AC) que apresentou um aumento mais acentuado, ao longo do armazenamento, em média, de 17,14 para 28,66 mL KOH 100 g⁻¹ (Figura 1 e Tabela 3). Os cafés armazenados nessa condição foram os que apresentaram nota significativamente inferior na análise sensorial, indicando a potencialidade da acidez graxa em representar a qualidade do produto.

Segundo Biaggioni; 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 utilizado como um indicador da deterioração dos grãos. Dessa forma, o uso da análise de ácidos graxos livres é de grande importância no monitoramento da qualidade das sementes, a partir da maturidade, pois a queda do vigor antecede a perda da viabilidade.

Saath et al. (2012); Coradi et al. (2008) e Kurzrock et al. (2004) observaram aumentos no teor de ácidos graxos livres do café, por meio do teste de acidez graxa, em função do aumento no período de armazenagem. No entanto, o teste de acidez graxa expressa o teor de ácidos livres em função da acidez do óleo, porém, a acidez do óleo pode ser influenciada também por outros compostos ácidos. Dessa forma, o teor de ácidos graxos livres determinados por esse método é apenas um valor aproximado (SPEER; KÖLING-SPEER, 2006).

Resultados melhores podem ser observados na Tabela 4, que fornece o perfil de ácidos graxos livres, ou seja, o fracionamento dos principais ácidos presentes nas amostras de grãos de café beneficiados, no tempo zero e aos 12 meses de armazenamento.

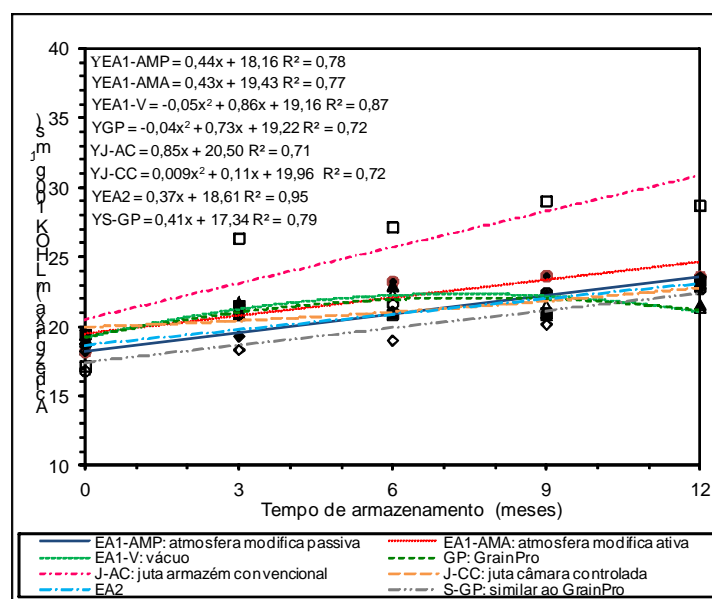


Figura 1 - Valores médios da acidez graxa ($\text{mL HOK } 100\text{g}^{-1} \text{ms}$), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamento, ao longo do armazenamento.

Tabela 3 - Valores médios da acidez graxa, teor de água e nota final na avaliação sensorial, em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Tempo de armazenamento (meses)	ACIDEZ GRAXA (mL KOH 100 g ⁻¹)							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
0	16,77 a	18,15 a	18,89 a	19,13 a	17,14 a	19,44 a	18,72 a	18,23 a
3	20,81 a	21,53 a	21,73 a	20,86 a	26,32 b	21,49 a	19,28 a	18,30 a
6	21,57 a	23,23 a	22,32 a	22,91 a	27,11 b	20,88 a	21,11 a	18,99 a
9	22,43 a	23,64 a	21,53 a	20,81 a	29,00 b	20,91 a	22,32 a	20,15 a
12	22,67 a	23,59 a	21,37 a	21,58 a	28,66 b	23,25 a	22,75 a	23,56 a
Média Geral	20,85 a	22,02 a	21,17 a	21,05 a	25,64 b	21,19 a	20,83 a	19,84 a
CV = 9,77%								
TEOR DE ÁGUA (%)								
0	10,11 a	10,07 a	10,24 a	10,12 a	10,19 a	10,51 a	10,10 a	10,15 a
3	10,00 a	9,91 a	9,87 a	9,95 a	11,81 b	9,80 a	9,94 a	10,07 a
6	10,11 a	10,08 a	10,04 a	10,06 a	12,12 b	9,58 a	10,11 a	10,13 a
9	10,30 b	10,23 b	10,28 b	10,15 b	13,77 c	8,55 a	10,24 b	10,31 b
12	10,21 b	10,18 b	10,22 b	10,27 b	12,7 c	8,58 a	10,21 b	10,27 b
Média Geral	10,14 b	10,09 b	10,13 b	10,11 b	12,11 c	9,40 a	10,12 b	10,18 b
CV = 3,51%								
AVALIAÇÃO SENSORIAL (NOTA)								
0	85,33 a	85,16 a	85,58 a	85,41 a	85,33 a	85,58 a	85,33 a	85,41 a
3	82,50 a	83,91 a	84,54 a	84,33 a	81,45 a	83,45 a	82,70 a	83,41 a
6	84,54 b	84,91 b	85,41 b	83,47 b	80,75 a	82,52 a	83,80 b	84,00 b
9	83,22 b	84,25 b	83,00 b	83,50 b	76,77 a	82,37 b	83,25 b	83,87 b
12	82,79 c	83,75 c	83,29 c	82,27 c	74,08 a	80,61 b	83,91 c	81,16 b
Média Geral	83,68 b	84,40 bc	84,36 c	83,80 b	79,68 a	82,90 b	83,80 b	83,37 b
CV = 1,52%								

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Na Figura 2 é apresentado um cromatograma exemplo, que representa o perfil de ácidos graxos livres do café beneficiado submetido a diferentes métodos de acondicionamento.

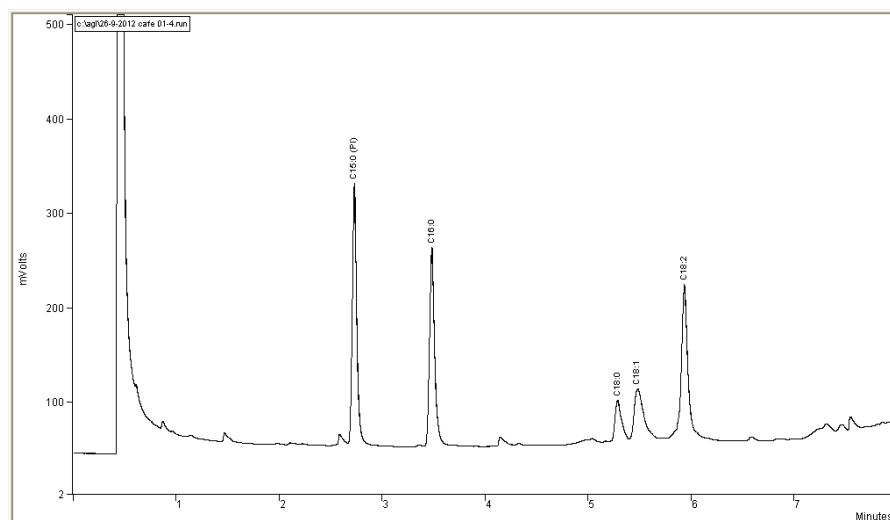


Figura 2 - Cromatograma exemplo do perfil de ácidos graxos livres dos grãos de café cru.

Segundo alguns autores, como Speer et al. (1993), no óleo predomina o ácido linoleico (40-45%). Nikolova-Damyanova et al. (1998) identificaram dez ácidos graxos no grão de café, Jham et al. (2008) identificaram sete e Wagemaker (2009), seis como principais, sendo o ácido palmítico e o linoleico os predominantes. No presente estudo, foram identificados quatro principais, estando em maior proporção o ácido palmítico seguido pelo ácido linoleico.

Verifica-se, na Tabela 4, aumento na concentração dos ácidos graxos livres totais com relação ao tempo de armazenamento, em todos os métodos de acondicionamento. Observa-se que todos os ácidos graxos livres analisados não apresentaram diferenças significativas com relação ao início e ao final do armazenamento no café acondicionado em embalagem aluminizada 2 (EA2).

Ainda na Tabela 4, nota-se que o café armazenado em J-CC apresentou os menores teores médios dos ácidos graxos livres ao final do período de armazenamento. Essa condição de armazenagem proporcionou aos grãos menores teores de água, ao fim de 12 meses (Tabela 3), o que diminui a

atividade das enzimas lípases e peroxidases, conforme estudo realizado por Rupollo et al. (2004). Essas, juntamente com a fosfolipase, são as principais enzimas envolvidas nas reações que aumentam os teores dos ácidos graxos livres (ZADERNOWSKI et al., 1999)

Os teores dos ácidos palmítico e oleico apresentaram aumento mais intenso nos grãos de café armazenados em saco de juta na condição ambiente (J-AC). Segundo Dhingra et al. (1998), o teor de ácidos graxos livres expressa a quantidade de ácidos graxos liberados da estrutura do glicerol e está associado à rancidez hidrolítica.

Condições adversas na pós-colheita, como o uso de altas temperaturas de secagem e condições inadequadas de armazenamento, podem causar mudanças expressivas nas principais reservas dos grãos, alterando as características sensoriais do café. Uma das primeiras modificações associadas à deterioração de sementes, em geral, é o aumento de ácidos graxos livres, produzidos a partir da hidrólise dos triacilgliceróis pelas lípases (SOARES, 2003).

A hidrólise dos triacilgliceróis, durante o armazenamento do café, libera ácidos graxos (AG) que, por sua vez, podem ser oxidados na presença de oxigênio, dando origem a outros compostos, como os aldeídos voláteis, que são associados ao sabor e ao aroma desagradáveis. Entretanto, a liberação dos AG não é uniforme e a degradação se dá de forma diferenciada, de um ácido para outro (JHAM et al., 2008; CORADI et al., 2008). Reduções significativas no conteúdo dos ácidos graxos insaturados linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3) são observadas em grãos rançosos, enquanto os teores do maior ácido saturado, o ácido esteárico (C18:0), permanecem praticamente inalterados (JHAM et al., 2008). Neste trabalho, observou-se aumento na liberação dos ácidos graxos após 12 de armazenamento, com exceção dos ácidos esteárico e oleico, que mantiveram valores significativamente iguais, para o acondicionamento EA2. O

aumento progressivo na liberação dos ácidos graxos está de acordo com a perda da qualidade da bebida do café, observando-se as notas no início e ao final do período de armazenamento (Tabela 3).

Em vários trabalhos têm sido identificados e quantificados os principais ácidos graxos existentes nos grãos crus de café (JOET et al., 2010; BERTRAND et al., 2008; ALVES et al., 2003; NIKOLOVA-DAMYANOVA; VELIKOVA; JHAM, 1998). No entanto, estudos que visem correlacionar o perfil desses ácidos graxos com a qualidade da bebida dos cafés acondicionados em diferentes embalagens durante o armazenamento ainda não foram desenvolvidos.

Tabela 4 - Teores médios dos ácidos graxos livres (mg/100g) palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e ácidos graxos livres totais (AGLT), em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Tratamentos	C16:0		C18:0		C18:1		C18:2		AGLT	
	Tempo de armazenamento (meses)									
	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
EA1-AMP	42,00 aA	173,12 cB	6,32 aA	43,92 bB	8,41 aA	91,47 cB	17,70 aA	154,67 eB	74,45 aA	463,18 dB
EA1-AMA	52,94 aA	101,73 bB	22,29 bA	35,37 bB	38,63 bA	82,58 cB	40,79 bA	88,43 cB	154,66 aA	308,13 bB
EA1-V	34,32 aA	220,14 dB	18,35 bA	46,17 bB	46,05 bA	86,09 cB	21,69 aA	160,83 eB	120,93 aA	513,26 eB
GP	26,63 aA	151,34 cB	26,26 bA	44,79 bB	47,56 bA	82,79 cB	21,16 aA	109,54 dB	121,30 aA	388,47 cB
J-AC	50,70 aA	224,14 dB	16,11 bA	44,57 bB	29,40 bA	110,54 dB	40,05 bA	149,49 eB	136,27 aA	529,00 cB
J-CC	32,32 aA	51,09 aA	23,19 bA	23,51 aA	41,79 bA	53,52 bA	16,82 aA	39,80 aB	114,13 aA	167,94 aB
EA2	51,16 aA	64,45 aA	21,30 bA	16,82 aA	38,11 bA	21,56 aA	44,52 bA	53,92 bA	155,11 aA	156,76 aA
S-GP	35,54 aA	176,49 cB	18,71 bA	44,94 bB	33,83 bA	91,57 cB	41,91 bA	149,00 eB	130,01 aA	462,02 dB
CV	16,19%		18,66%		17,71%		9,61%		12,22%	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Os valores médios da nota final da análise sensorial dos grãos de café beneficiados em função dos métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento, estão representados na Tabela 3 e na Figura 3.

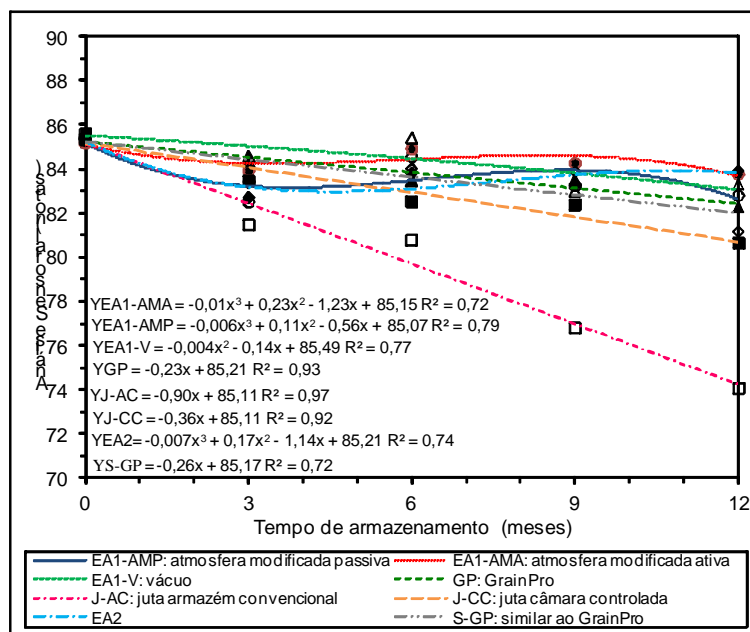


Figura 3 - Valores médios da análise sensorial (notas finais), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

Pela avaliação proposta pela SCAA, a qualidade é quantificada por meio de escala, variando de zero a cem pontos. Cafés que apresentam notas nos intervalos de 85 a 89 e de 80 a 84 pontos são classificados, respectivamente, como especialidade (excelente) e especial (muito bom). Já os cafés com notas entre 75 e 79 pontos, embora tenham boa qualidade, são classificados como cafés comuns, não especiais e cafés de qualidade média (fraco) são os que obtêm notas entre 70 a 75 pontos (LINGLE, 2011).

No início do armazenamento, os valores das notas, para todos os acondicionamentos, foram estatisticamente iguais e superiores a 85 pontos, classificando-o, segundo a SCAA, como café excelente.

Aos 12 meses de armazenamento, apenas o acondicionamento em juta no armazém convencional (J-AC) apresentou-se com nota inferior a 80 pontos,

ou seja, não se classificando na categoria de cafés especiais. Entretanto, verificou-se a formação de mais dois grupos, sendo um formado pelos acondicionamentos EA1-AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP e EA2, que diferiram significativamente dos demais tratamentos, mantendo as maiores notas, ou seja, acima de 82 pontos e outro grupo intermediário, que apresentou notas sensoriais inferiores a 82 pontos, formado pelos acondicionamentos J-CC e S-GP (Tabela 3).

No gráfico da Figura 3 observa-se que os cafés acondicionados em S-GP, J-AC e J-CC apresentaram redução mais acentuada das notas, ao longo do armazenamento. Entretanto, nos dados da Tabela 3, destaca-se o acondicionamento em saco de juta no armazém convencional (J-AC) que, aos 12 meses, apresentou pontuação igual a 74,08, sendo classificado como café de qualidade média (fraco).

Segundo Salva; Lima (2007), alterações nas concentrações de ácidos graxos livres durante a estocagem contribuem para a formação do gosto de madeira atribuído aos cafés velhos. Neste estudo, constatou-se alteração no sabor residual sensorial do café armazenado em saco de juta na condição ambiente, apresentando, após o armazenamento, a menor nota na avaliação sensorial. Os degustadores relataram alterações no sabor dos grãos de café armazenados em sacos de juta, a partir do terceiro mês de armazenamento, descrevendo sabores predominantes de papel, palha e sacaria.

Estes resultados estão de acordo com os observados por Wajda; Walczyk (1978), os quais afirmaram que o aumento nos ácidos graxos livres está associado com um longo período de armazenamento e pode ser resultante da atividade enzimática, a qual também produz alguma deterioração do paladar.

É importante enfatizar que, do ponto de vista comercial, essas diferenças de pontuações entre os cafés são extremamente importantes. Cafés com notas globais entre 80 e 84 pontos, conforme a escala de classificação da SCAA, são

classificados como especiais, podendo alcançar valores de mercado de até 50% acima do café *commodity*.

Em função da complexidade em caracterizar os cafés especiais, assim como sua relação com os diferentes métodos de acondicionamentos após o armazenamento, a análise multivariada de componentes principais (PCA) foi empregada para ajudar na interpretação dos resultados.

Na Figura 4 observam-se os escores dos primeiros componentes principais, PC1 e PC2, que explicaram 82,46% e 13,17%, respectivamente, da variação dos dados. Dessa forma, verifica-se a formação de quatro grupos distintos, em que a formação dos grupos é em função da similaridade apresentada pelos dados.

A identificação das amostras avaliadas está representada na Tabela 5.

Tabela 5. Identificação das amostras no gráfico PCA.

1-0	EA1 atmosfera modifica passivamente	Início do armazenamento
2-0	EA1 atmosfera modificada ativamente	
3-0	EA1 vácuo	
4-0	Saco GrainPro®	
5-0	Saco de juta/armazém convencional	
6-0	Saco de juta/câmara controlada	
7-0	EA2	
8-0	Saco similar ao GrainPro®	
1-12	EA1 atmosfera modificada passivamente	Após 12 meses de armazenamento
2-12	EA1 atmosfera modificada ativamente	
3-12	EA1 vácuo	
4-12	Saco GrainPro®	
5-12	Saco de juta/armazém convencional	
6-12	Saco de juta/câmara controlada	
7-12	EA2	
8-12	Saco similar ao GrainPro®	

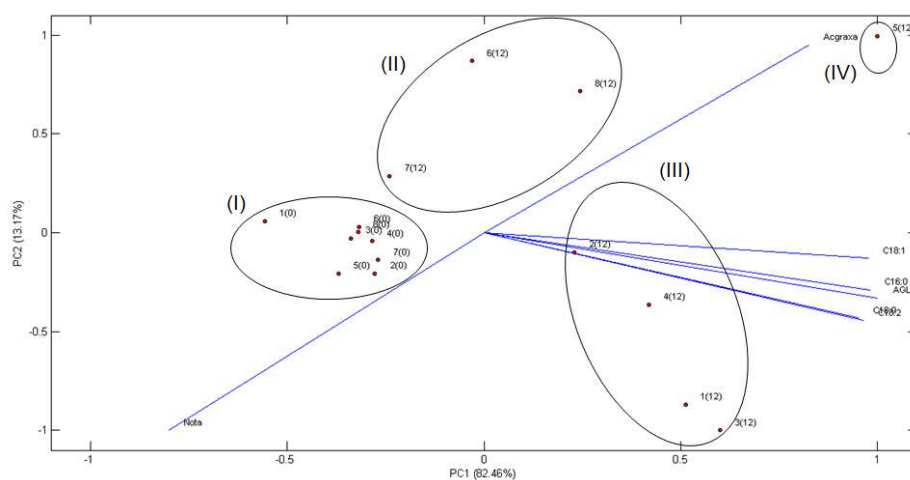


Figura 4 - Escores dos dois primeiros componentes principais.

A análise das componentes principais permitiu discriminar os métodos de acondicionamento dos grãos após o armazenamento em diferentes grupos, destacando-se os grupos I, III e IV. O grupo I é formado pelos cafés do tempo zero, independentemente da forma de acondicionamento, possuindo a mesma composição de ácidos graxos e a mesma nota sensorial. Já o grupo III é formado pelos tratamentos que receberam a maior nota na análise sensorial (Tabela 1), após 12 meses de armazenamento e maiores conteúdos dos ácidos graxos estudados. Nesse grupo, também foram observados baixos valores de acidez graxa. No grupo III estão incluídos os cafés armazenados em sacos GrainPro® e todas as formas de acondicionamento EA1. O grupo IV é formado unicamente pelo café acondicionado em saco de juta. A discriminação desse grupo ocorreu, principalmente, em função dos maiores valores de acidez graxa e menores pontuações na análise sensorial.

Esses resultados permitem identificar comportamentos diferenciados em relação às formas de acondicionamento utilizadas. Todas as embalagens do grupo III mostraram-se mais eficientes no armazenamento dos grãos de café, pois apresentaram os menores indicadores de deterioração, representados pelos

baixos valores de acidez graxa, ácidos graxos livres e maior nota final na avaliação sensorial. Essas embalagens têm elevado potencial de uso na manutenção da qualidade do café especial durante o armazenamento.

CONCLUSÕES

O café armazenado em saco de juta em câmara controlada apresentou os menores teores médios de ácidos graxos livres, ao final do período de armazenamento.

O atributo químico acidez graxa possibilitou a discriminação dos cafés acondicionados em saco de juta, após 12 meses de armazenamento.

O acondicionamento em saco de juta não é recomendado para o armazenamento de cafés especiais.

AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPEMIG, CNPq, INCT-CAFÉ e Bourbon Specialty Coffees

REFERÊNCIAS

ALVES, W. M.; FARONI, L. R. D.; CORRÊA, P. C.; PARIZZI, F. C.; PIMENTEL, M. A. G. Influência do pré-processamento e do período de armazenamento na perda da matéria seca em café (*coffea arabica*) beneficiado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, n. 7, p. 122-127. 2003.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Methods 02-02A: fat acidity: rapid method, for grain. In: **Approved methods of the American Association of the Cereal Chemists**. São Paulo, v. 1, 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.

BORÉM, F. M.; NOBRE, G. W.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p.1724-1729, 2008.

CHAVES, T.H.; RESENDE, O.; SIQUEIRA, V.C.; ULLMANN, R. Qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento em três ambientes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p.1653-1662, 2012.

CHRISTIE, W. W. **Gas chromatography and lipids, a practical guide**. Ayr: The Oily, 1989. 184 p.

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**, v.12, n. 2, p.181-188, 2008.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; SAATH, R.; MARQUES, E. R. Effect of drying and storage conditions on the quality of natural and washed coffee. **Coffee Science**, v. 2, n.1, p.38-47, 2007.

DHINGRA, O.D.; JHAM, G.; NAPOLEÃO, I. T. Ergosterol accumulation and oil quality changes in stored soybean invaded by *Aspergillus ruber* (A. glaucus group). **Mycopathologia**, Springer, v.143, n. 2, p.85-91, ago. 1998.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GUTKOSKI, L. C.; EL-DASH, A. A. Efeito do cozimento por extrusão na estabilidade oxidativa de produtos de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p.119-127, 1999.

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

JHAM, G. N., MULLER, H. V., CECON, P. Triacylglycerol molecular species variation in stored coffee beans determined by reverse-high-performance liquid chromatography/refractive index detector. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 44, p. 82-89, 2008.

KURZROCK, T.; KOLLING-SPEER, I.; SPEER, K. Effects of controlled storage on the lipid fraction of green Arabica Coffee Beans. **Food Chemistry**, Barking, v. 66, p. 161-168, 2004.

Lingle, T.R. *The Coffee Cupper's Handbook: Systematic Guide to the Sensory Evaluation of Coffee's Flavor*, fourth ed, Long Beach Californian, 2011, 66 p.

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.) submetidos a diferentes períodos de temperatura e pré-secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p.1557-1562, 2008.

NIKOLOVA-DAMYANOVA, B.; VELIKOVA, R.; JHAM, G. N. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvested in Brazil. **Food Research International**, v. 31, n. 6, p.479-486, 1998.

OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, P. A. P. L. V. Revisão: principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas. **Brazil Journal of Food Technology**, v. 7, n. 2, p.161-165, 2004.

RIBEIRO, F. C.; BORÉM, F. M.; GIOMO, G. S.; LIMA, R. R.; MALTA, M. R.; FIGUEIREDO, L. P. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, v. 47, n. 4, p. 341-348, 2011.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARINI, L. J.; ELIAS, M. E. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.

SAATH, R.; BIAGGIONI, M. A. M.; BORÉM, F. M.; BROETTO, F.; FORTUNATO, V. A. Alterações na composição química e sensorial de café (*Coffea arabica* L.) nos processos pós-colheita. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 96-112, 2012.

SALVA, T. J. G.; LIMA, V. B. de. A composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 57-59, 2007.

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.

SPEER, K.; SEHAT N.; MONTAG, A. Fatty acids in coffee. In: 15th International Colloquium on the Chemistry of Coffee, 583-92, ASIC, Paris. 1993.

SPEER, K.; SPEER-KOLLING, I. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 201-216, 2006.

WAGEMAKER, T. A. L. **Variabilidade do teor de óleo, de seu fator de proteção solar e de outros componentes da fração lipídica do gênero *Coffea* visando usos alternativos aos grãos**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical/Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia)- Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

WAJDA, P.; WALCZYK, D. Relationship between acid value of extracted fatty matter and age of green coffee bean. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v. 29, n. 7, p. 377-380, 1978.

ZADERNOWSKI, R.; NOWAK-POLAKOWSKA, H.; RASHED, A.A. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hydrophilic components of oat grain. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 33, p.177-191, set. 1999.

ZADERNOWSKI, R.; NOWAK-POLAKOWSKA, H.; RASHED, A. A. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hydrophilic components of oat grain. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.23, n.3, p.177-191, 1999.