

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

FABIANA CARMANINI RIBEIRO¹, FLÁVIO MEIRA BORÉM², LUISA PEREIRA
FIGUEIREDO³, GERVÁSIO FERNANDO ALVES RIOS⁴, CAMILA ALMEIDA DIAS⁵

¹ Professora na Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, fabianacarmnini@yahoo.com.br

² Professor na Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Agrícola, flavioborem@deg.ufla.br

³ Doutora pela Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia de Alimentos, lupefi@gmail.com

⁴ Professor na Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, gervasiosrios@yahoo.com.br

⁵ Graduanda em Agronomia na Universidade Federal de Lavras, camila.almeidadias@gmail.com

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

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.

SENSORY ANALYSIS AND FATTY ACID PROFILE OF SPECIAL COFFEE STORED IN ARTIFICIAL ATMOSPHERE

ABSTRACT: Given the importance of storage in the supply chain, as well as the reflection of this step in postharvest quality of agricultural products and the need for new technologies that meet the needs of the specialty coffee market, we carried out the present work, with the aim of evaluate the effect of different methods of packaging the coffee quality through changes in the free fatty acid profile, fatty acidity and sensory characteristics. The experimental design was completely randomized design (CRD) with three replications in a factorial (5x8) schema, corresponding to five storage and eight methods of packaging. Coffee stored in jute sack on controlled camera showed 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. The packing in jute bag is not recommended for storage of specialty coffees.

KEYWORDS: Fatty acid profile. Sensory analysis. Main components.

INTRODUÇÃO

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).

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

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.

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 (O₂) será reduzida empregando-se vácuo parcial nas embalagens.

Implantação do experimento

As embalagens com capacidade para 8 kg 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.

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

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 realizada 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 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:

$$MS = [(1 - U) \times 40g] \quad (1)$$

$$AG = [(V \times 100) / MS] \quad (2)$$

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

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 $7^\circ\text{C}/\text{min}$; 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.

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.

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.

Saath et al. (2012) e Coradi et al. (2008) 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.

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.

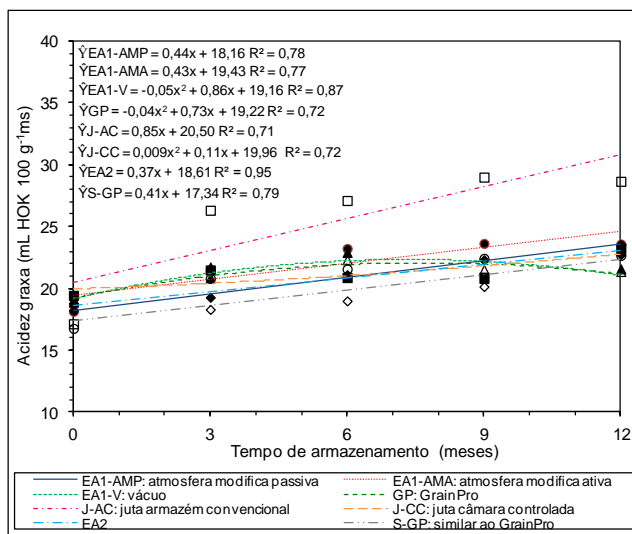


FIGURA 1. Valores médios da acidez graxa (mL HOK 100g⁻¹ms), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamento, ao longo do armazenamento.

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.

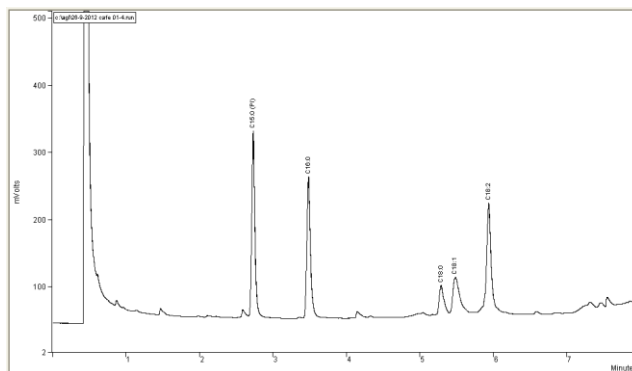


FIGURA 2. Cromatograma exemplo do perfil de ácidos graxos livres dos grãos de café cru.

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.

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).

Nota-se que o café armazenado em J-CC apresentou os menores teores médios dos ácidos graxos livres ao final do período de armazenamento (Tabela 4). 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.

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). 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).

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 eB
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.

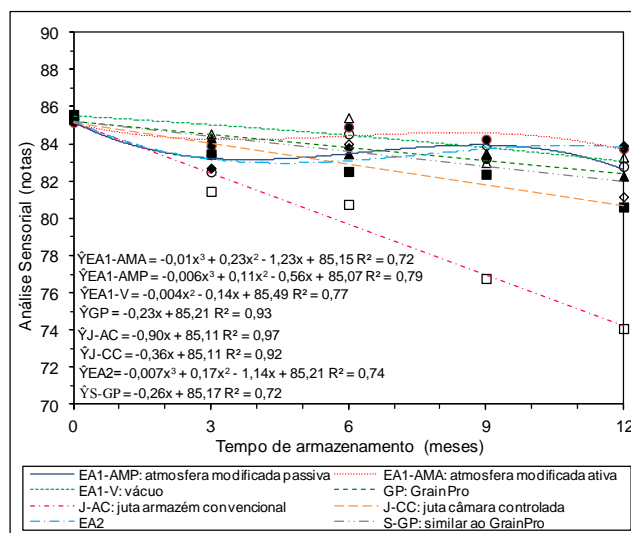


FIGURA 3. Valores médios da análise sensorial (notas finais), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

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.

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.

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®	

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.

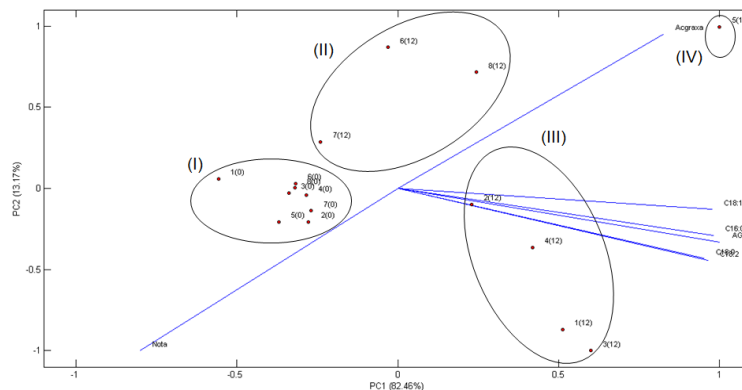


FIGURA 4. Escores dos dois primeiros componentes principais.

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: À FAV/UnB, ao DEG/UFLA, à CAPES, ao CNPq e à FAPEMIG pela transferência de conhecimentos e, ou disponibilização de recursos.

REFERÊNCIAS

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.
- 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**, 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. **Coffe 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.